

InterNutrition POINT

Aktuelles zur grünen Biotechnologie

Nr. 213
Februar 2020

Inhalt

- Bananen: Nahrhafter, standfester, klimatoleranter und krankheitsresistenter dank CRISPR/Cas9*S. 1
- EU: Forscher diskutieren Lösungsansätze für die europäische Gentechnik-Gesetzgebung*S. 3
- Genome Editing: «Global Gene Editing Regulation Tracker» gibt weltweite Übersicht zu Anwendung und Stand der gesetzlichen Regulierung*S. 4
- Pflanzenzüchtung: Sortenvielfalt und Qualitätseigenschaften bei Treibhaus-Tomaten nehmen deutlich zu*S. 5

Bananen



Bananen können mit «Genome Editing» verbessert werden

Abbildung: [Francisco Manuel Blanco, Flora de Filipinas](#) (ca. 1880)

Nahrhafter, standfester, klimatoleranter und krankheitsresistenter dank CRISPR/Cas9

Warum sind Bananen so beliebt? Es ist nicht nur der feine tropische Geschmack und die praktische «Verpackung». Man kann nach dem Schälen sofort hineinbeißen, ohne erst mühsam unangenehme Kerne herauspicken zu müssen. Dessertbananen sind kernlos und daher steril. Was für Konsumentinnen und Konsumenten ein grosser Vorteil ist, erschwert allerdings den Züchtern das Leben: sterile Pflanzen können nicht durch klassische Kreuzungszüchtungen verbessert werden, sie befinden sich in dieser Hinsicht in einer Sackgasse. Nur auf mühsamen und langwierigen Umwegen können etablierte Bananensorten mit herkömmlichen Methoden weitergezüchtet werden.

Schon seit einem Viertel Jahrhundert werden daher als Alternative gentechnische Ansätze zur Verbesserung von Bananen verfolgt. Mittels Genome Editing können die Eigenschaften von Bananen jetzt noch einfacher und schneller den Bedürfnissen von Landwirten und Konsumenten angepasst werden. Hierfür wurden in jüngster Zeit praktische Anwendungsmöglichkeiten beschrieben, welche die Bandbreite der Möglichkeiten aufzeigen.

Siddharth Tiwari und sein Team vom indischen Nationalinstitut für Agrar- und Lebensmittelbiotechnologie zeigen, wie durch gezielte Ausschaltung eines Bananen-Stoffwechsellagens mittels CRISPR/Cas9 der Betacarotin-Gehalt von Bananen sechsfach gesteigert werden kann (Kaur 2020). Betacarotin (Provitamin A) hat gesundheitsfördernde antioxidative Eigenschaften, und wird im menschlichen Körper in das lebenswichtige Vitamin A umgewandelt. Bananen mit einem hohen Betacarotin-Gehalt könnten einen Beitrag zum Schutz der Bevölkerung vor Vitamin-A-Mangel leisten, speziell in Ländern wie Indien, in denen nicht alle Bevölkerungsgruppen Zugang zu einer abwechslungsreichen und ausgewogenen Ernährung haben.

Eine chinesische Gruppe um Qiaosong Yang und Ganjun Yi von der Guangdong Academy of Agricultural Sciences berichtet, dass die Höhe von Bananenpflanzen durch Genome Editing von Wachstumsgenen reduziert werden kann (Shao 2020). Das ist speziell für von tropischen Wirbelstürmen bedrohte Regionen relevant, da Zwerg-Varianten von Bananenpflanzen weniger leicht durch Starkwind geknickt werden. Zudem wird die Ernte erleich-

tert. Tatsächlich gibt es bereits niedrig wachsende Bananensorten, bei denen die Fruchtgrösse unverändert ist und der Ertrag sogar durch dichtere Pflanzung gesteigert werden kann. Die chinesischen Wissenschaftler suchten im Bananen-Erbgut Verwandte eines Gens, das in Reis an der Produktion des Pflanzenhormons Gibberellin beteiligt ist und bei Veränderungen Zwergwuchs bei Reispflanzen bewirken kann. Durch gerichtete Mutagenese mit dem CRISPR/Cas9-System konnten sie die entsprechenden Gene in der Banane verändern. Auf diese Weise erhielten sie Pflanzen, die nach einem halben Jahr Wachstum nur etwa ein Drittel so gross waren wie unveränderte Bananenpflanzen. Diese müssen jetzt weiter herangezogen und dann auf ihre agronomischen Eigenschaften, speziell auf die Menge und Qualität der Früchte, untersucht werden.

Einen umfangreichen Überblick zu gentechnischen Ansätzen der Verbesserung von Bananen geben Leena Tripathi und ihre Kollegen vom «International Institute of Tropical Agriculture» (IITA) in Kenia in einem Übersichtsartikel aus dem letzten Jahr (Tripathi 2019). Sie fassen zahlreiche Veröffentlichungen zusammen, in denen Bananen resistenter gegen verschiedene Krankheitserreger – Viren, Bakterien, Pilze und Fadenwürmer – gemacht wurden, und diskutieren Möglichkeiten, ähnliche Resultate auch mit Genome Editing zu erzielen – in anderen Nutzpflanzen ist dies bereits Realität. Auch für die Züchtung von klimatoleranten Bananensorten sehen sie ein grosses Potential.

Genome Editing könnte auch zum wichtigen Werkzeug werden, um den weltweiten Bananananbau vor der Panama-Krankheit, einer durch Fusarien-Pilze der tropischen Rasse 4 (TR4) ausgelösten verheerenden Pflanzenseuche, zu retten. Die Pilze befallen die weltweit wichtigste Export-Bananensorte «Cavendish», und haben sich bereits in Asien und Afrika ausgebreitet. Im Herbst 2019 kam die Schreckensbotschaft, dass die Krankheit auch Südamerika erreicht hat und erstmals auch in Kolumbien festgestellt wurde, einem der wichtigsten Produktionsländer für Bananen. Eine Behandlung für befallene Pflanzen gibt es nicht.

Im Jahr 2017 präsentierten Forscher aus Australien einen transgenen Ansatz, um Cavendish-Bananen resistent gegen TR4 zu machen. Dazu übertrugen sie ein Resistenzgen aus einer pilzresistenten Bananensorte ([Point 188, November 2017](#)). Die Pflanzen bewährten sich inzwischen auch in grösseren Freilandversuchen. Sie sind bisher allerdings noch nicht zum Anbau als Lebensmittel zugelassen, und es ist ungewiss wie lange eine solche Zulassung nach dem strengen Verfahren für einen «gentechnisch veränderten Organismus» dauern könnte. Als Alternative arbeiten die Forscher jetzt daran, mit Hilfe des Genome Editings eine schlummernde Version des Resistenzgens in Cavendish-Bananen zu aktivieren, ohne dass dabei fremdes Erbmateriale eingebaut werden muss. In vielen Ländern, z. B. Australien und USA, werden so produzierte Organismen nicht als GVO klassifiziert. Damit können sie ohne aufwändiges Bewilligungsverfahren angebaut und auf den Markt gebracht werden. In Europa wäre das aufgrund restriktiver Regelungen bisher allerdings nicht der Fall.

Quellen: Navneet Kaur et al. 2020, [CRISPR/Cas9 directed editing of lycopene epsilon-cyclase modulates metabolic flux for \$\beta\$ -carotene biosynthesis in banana fruit](#), Metabolic Engineering 59:76-86; Xiuhong Shao et al. 2020, [Using CRISPR/Cas9 genome editing system to create MaGA20ox2 gene-modified semi-dwarf banana](#), Plant Biotechnology Journal 18:17-19; Leena Tripathi et al. 2019, [Application of genetic modification and genome editing for developing climate-smart banana](#); Food and Energy Security 8:e00168; [CRISPR might be the banana's only hope against a deadly fungus](#), Nature News, 24.09.2019

EU

Forscher diskutieren Lösungsansätze für die europäische Gentechnik-Gesetzgebung

Es wird immer deutlicher, dass die veraltete Gesetzgebung im Gentechnik-Bereich mit der immer rascheren wissenschaftlichen Entwicklung auf diesem Gebiet nicht Schritt gehalten hat, und ihren Zweck nicht mehr erfüllt. Vor langer Zeit eingeführte Grundsätze, die einen sicheren Umgang mit einer damals noch neuen Technologie gewährleisten sollten, werden immer mehr zum Bremsklotz für innovative Entwicklungen, und lassen Europa zunehmend im internationalen Wettbewerb zurückfallen. Der Ruf nach einer Reform des Rechtsrahmens in der EU aus der Forschung, aber auch von Pflanzenzüchtern wird immer lauter. Eine Gruppe von 11 Wissenschaftlern aus fünf europäischen Ländern, darunter auch aus der Schweiz, stellen jetzt in einer Serie von drei Fachartikeln Optionen für eine Reform der EU Gesetzgebung im Gentechnik-Bereich vor. Sie vertreten verschiedene Fachrichtungen, von der Pflanzenzüchtung über Agrarökonomie, Biotechnologie, Ökologie und Umwelt, Politikwissenschaften, Philosophie, bis hin zu Recht und Wirtschaft.

Sie regen an, sich bei der Beurteilung von Produkten künftig vermehrt an deren Eigenschaften und weniger am Herstellungsprozess zu orientieren, da dies für eine Risikoabschätzung sinnvoller sei. Produkte neuer Technologien, die identisch sind zu Produkten die sich auch mit herkömmlichen Züchtungsverfahren erzielen lassen, oder die ohne menschliches Zutun auch in der Natur entstehen können, sollten nicht den aktuell geltenden EU Bestimmungen für «gentechnisch veränderte Organismen» unterstellt werden. Für identische Produkte sollten auch ähnliche Sicherheitsbestimmungen gelten. Da sich die Technologien laufend weiterentwickeln, sollte eine Expertenkommission auf EU Ebene in Zweifelsfällen Empfehlungen zum rechtlichen Status von Organismen abgeben, die mit neuartigen Methoden verändert wurden. Ausserdem müsste geklärt werden, wie die seit einem längeren Zeitraum gesammelten Erfahrungen mit einer Technologie in die Sicherheitsbeurteilung einfließen sollte.

Die bestehenden Bestimmungen für die Risikoabschätzung sollten dazu flexibler ausgestaltet werden. Die aktuell in der EU vorgeschriebenen Tierversuche für die Zulassung eines GVO Produkts sollten überdacht werden, da sie in der Regel keine relevanten Erkenntnisse bringen. Um eine seriöse Abklärung eines Umweltrisikos eines Produktes zu ermöglichen, sollten mögliche Umweltschäden klar definiert werden. Ausserdem habe die Erfahrung gezeigt, dass verschiedene EU-Länder unterschiedlich strenge Anforderungen an eine Produktzulassung stellen – eine Einigung zwischen allen Mitgliedsstaaten ist daher oft nicht möglich. Daher sollten für das Risiko-Management nur noch EU-weite Minimalstandards gelten, und die Autonomie der einzelnen Staaten für Zulassungsentscheide gestärkt werden.

Für Lebensmittel und Produkte, die mittels Genome Editing verändert wurden, die aber keine fremde Erbinformation enthalten, empfehlen die Wissenschaftler, auf eine verbindliche Kennzeichnung zu verzichten, da derartige Veränderungen nicht zweifelsfrei von natürlichen Veränderungen unterschieden werden können. Ebenfalls aufgrund des schwierigen bis unmöglichen Nachweises von technisch erzeugten Erbgut-Veränderungen durch Genome Editing wird angeregt, für Koexistenz-Massnahmen auf aufwändige Nachweisverfahren für eine mögliche Vermischung zu verzichten, und die Standards für Bio-Produkte und für Produkte «ohne Gentechnik» auf die

verwendete Anbaumethode auszurichten.

Mit ihren Vorschlägen möchten die Wissenschaftler ein besser vorhersehbares Zulassungssystem für Produkte innovativer Züchtungsverfahren ermöglichen, das nicht ohne Grund gegen bestimmte Technologien diskriminiert, flexibel an den wissenschaftlichen Fortschritt angepasst werden kann, und unter Berücksichtigung der Sicherheit sowohl den potentiellen Nutzen als auch mögliche Nachteile molekularer Züchtungsverfahren berücksichtigt.

Der politische Druck innerhalb der EU auf eine politische Reform der Gesetzgebung im Gentechnik-Bereich ist inzwischen so gross geworden, dass die Chance auf eine Veränderung wächst. Verschiedene politische Initiativen laufen in diese Richtung. Bei der Ausgestaltung neuer Regeln sollte berücksichtigt werden, dass sich zu hohe Hürden für neue Technologien nachteilig auf dringend nötige Innovationen in der Landwirtschaft auswirken können. Hier sollte eine sorgfältige Balance zwischen Sicherheitsbestrebungen und der Ermöglichung von Innovationen angestrebt werden.

Quellen: Dennis Eriksson et al. 2020, [Options to Reform the European Union Legislation on GMOs \(I\): Scope and Definitions](#), Trends in Biotechnology 38:231-234; Dennis Eriksson et al. 2020, [Options to Reform the European Union Legislation on GMOs \(II\): Risk Governance](#), Trends in Biotechnology (online 12.02.2020; doi:10.1016/j.tibtech.2019.12.016); Dennis Eriksson et al. 2020, [Options to Reform the European Union Legislation on GMOs \(III\): Post-authorization and Beyond](#), Trends in Biotechnology (online 12.02.2020; doi:10.1016/j.tibtech.2019.12.015)

Genome Editing

«Global Gene Editing Regulation Tracker» gibt weltweite Übersicht zu Anwendung und Stand der gesetzlichen Regulierung

Die in den letzten Jahren aufgekommenen Verfahren zur gezielten Veränderung des Erbguts (Genome Editing oder Gen-Chirurgie) haben in vielen Bereichen grosse Fortschritte in der Forschung ermöglicht. Aber auch in der praktischen Anwendung werden diese Methoden zunehmend eingesetzt – sei es zur Verbesserung von Nutzpflanzen, in der Tier-Züchtung, aber auch in der Medizin oder zur Dezimierung von Schädlinge-Populationen (Gene Drive). Dabei wird die Anwendung des Genome Editings in verschiedenen Weltregionen sehr unterschiedlich geregelt, auch abhängig vom Einsatzzweck. So werden in den USA und in wichtigen südamerikanischen Agrarländern genomeditierte Pflanzen mit kleinen Erbgut-Veränderungen, ohne eingebaute Fremd-DNA, in erster Linie anhand ihrer Eigenschaften eingestuft, ohne die restriktiven Zulassungs-Bestimmungen für «gentechnisch veränderte Organismen» (GVO), und können so ohne spezielle Auflagen angebaut werden. In Europa dagegen werden derartige Pflanzen pauschal als GVO eingestuft und ihr Anbau damit massiv erschwert. Viele Länder sind noch dabei, spezifische Bestimmungen für die Anwendung des Genome Editings auszuarbeiten.

Um eine Übersicht zu dem internationalen Mosaik der gesetzlichen Regelungen zu geben, hat die non-Profit Organisation [Genetic Literacy Project](#) die neue Website [Global Gene Editing Regulation Tracker](#) lanciert. Auf dieser findet sich eine weltweite Zeitskala zu wichtigen Ereignissen zum Genome Editing. Anhand einer klickbaren Weltkarte werden für verschiedene Anwendungsgebiete (Landwirtschaft, Medizin, Gene Drives) die wichtigsten nationalen Bestimmungen zusammengefasst. Die Website gibt einen Überblick zu der Entwicklung der aktuellen Regulierung, und führt Forschungsprojekte und praktische Anwendungen in den einzelnen Ländern auf.

Ein Regulierungs-Index zeigt auf, wo im internationalen Vergleich einzelne

Länder stehen. Zum Genome Editing bei Nutzpflanzen stehen Brasilien, Argentinien, Israel, die USA und Chile als besonders anwendungsfreundlich und ohne spezielle Einschränkungen für den Anbau ganz oben auf der Liste. Russland, China und Indien finden sich im Mittelfeld, da dort Forschung auf dem Gebiet läuft, und entsprechende Bestimmungen ausgearbeitet werden. Die EU findet sich weit unten, da hier praktische Anwendungen weitgehend eingeschränkt sind.

Zusammen mit den gesetzlichen Bestimmungen und Anwendungen führt der [Global Gene Editing Regulation Tracker](#) auch befürwortende und ablehnende Positionen von Nicht-Regierungsorganisationen auf. Damit möchten die Urheber einen Beitrag zu einer innovationsfreundlichen, gut abgewogenen und ethischen Entwicklung von Genome Editing und neuen Züchtungsverfahren weltweit leisten.

Quelle: [Global Gene Editing Regulation Tracker](#): Human and Agriculture Gene Editing – Regulations and Index, The Genetic Literacy Project

Pflanzen- züchtung

Sortenvielfalt und Qualitätseigenschaften bei Treibhaus-Tomaten nehmen deutlich zu

Führt die moderne Landwirtschaft zwangsläufig dazu, dass immer weniger Sorten angebaut werden, die Artenvielfalt auf den Feldern und in den Treibhäusern zurückgeht, und die Auswahl an hochwertigen Produkten für Konsumentinnen und Konsumenten stetig schrumpft? Ein Forscherteam von der niederländischen Universität Wageningen hat die Entwicklung des Sortenangebots bei Treibhaus-Tomaten und ihre Eigenschaften seit den 1950er Jahren untersucht, und kommt zu dem Schluss: die Pflanzenzüchtung hat die Diversität bei den Tomatensorten seither deutlich gesteigert. Das betrifft nicht nur Anbaueigenschaften, sondern auch Qualitätsmerkmale wie den Geschmack.

Tatsächlich führte der wirtschaftliche Druck auf die Landwirtschaft viele Jahrzehnte lang dazu, dass Bauern vor allem ertragreiche Kultursorten mit günstigen Anbaueigenschaften anpflanzten. Einzelne hervorragende Eigenschaften alter Sorten, wie ein besonders guter Geschmack oder Resistenz gegen eine bestimmte Krankheit, konnten Mängel in anderen Eigenschaften nicht kompensieren. Alte Landsorten konnten daher bei der Sortenwahl oft nicht mithalten und verschwanden nach und nach aus dem Anbau, die Landwirte konzentrierten sich zunehmend auf wenige Hochleistungs-Sorten. Diese «genetische Erosion» ist allerdings problematisch, da damit nicht nur die Sortiments-Breite, sondern auch die Zahl der Resistenzeigenschaften abnimmt und die Pflanzen anfälliger gegen Krankheitserreger und Schädlinge werden.

Um die Entwicklung der Sorteneigenschaften in den letzten Jahrzehnten zu verfolgen, wählten die Züchtungsforscher aus Wageningen für den Einführungs-Zeitraum von 1950 bis 2016 jeweils etwa 12 Tomatensorten pro Dekade zufällig aus. Die insgesamt 90 Sorten wurden unter Standard-Bedingungen im Treibhaus aufgezogen. Die genetische Variabilität der Pflanzen untereinander wurde durch Erbgut-Analysen an über 7500 Positionen (SNP-Marker) untersucht. Zudem wurden die Eigenschaften der Früchte beschrieben. Neben Erhebungen zu Grösse, Farbe, Form und Gewicht wurden dazu auch chemische Analysen durchgeführt, um Anzahl und Menge von Pflanzenstoffen, die für Geschmack und Aroma verantwortlich sind, zu bestimmen.

Es zeigte sich, dass die genetische Diversität der Kultur-Tomatensorten aus den 1950er und 1960er Jahren sehr niedrig war, seither aber deutlich anstieg. Das ist ein Hinweis auf intensive züchterische Weiterentwicklung der Sorten durch Einkreuzung von Eigenschaften aus anderen Tomatenpflanzen. Dabei stand zunächst die Widerstandsfähigkeit der Pflanzen im Zentrum: die durchschnittliche Zahl der Krankheits-Resistenzen der Sorten schnellte von anfänglich weniger als 0.5 auf über drei (1970er) und über 4.5 (2010er) empor. Allerdings ging mit dieser Verbesserung der Anbau-Eigenschaften keine Geschmacks-Verbesserung einher. In den 1980er Jahren wurden Tomaten aus den Niederlanden in deutschsprachigen Medien als «Wasserbomben» oder «schnittfestes Wasser» beschrieben, die Importe in das wichtigste Abnehmerland Deutschland brachen massiv ein.

Das war ein starker Anreiz für die Züchter, auch an Qualitätseigenschaften zu arbeiten. Seit den 1980er Jahren nahm die Variabilität der Fruchtgrösse deutlich zu; statt uniforme Tomaten mit einer Standard-Grösse gab es eine immer grössere Auswahl zwischen winzigen Cherry-Tomaten bis hin zu riesigen Fleischtomaten. Auch die Vielfalt der Geschmacksstoffe (Säuren, Zucker, eine Vielzahl von Aroma-Komponenten) stieg sprunghaft an. Im Vergleich zu den Sorten aus den 1950er und 1960er Jahren sind die Treibhaus-Tomaten von heute dank den Fortschritten der Pflanzenzüchtung genetisch viel diverser, und kommen in einer grossen Auswahl unterschiedlicher Grössen, Farben und Formen daher. Auch sind sie viel schmackhafter als die älteren Sorten, mit deutlichen Unterschieden zwischen den verschiedenen Tomatensorten.

Auch für viele andere Nutzpflanzen, wie Weizen, Gerste, Mais, Soja und Reis, wurde in den 1960er Jahren eine Periode niedriger genetischer Diversität beschrieben, die sich durch die Arbeit der Züchter seither wieder deutlich erhöht hat. Moderne Pflanzenzüchtung ermöglicht es, sowohl agronomische Eigenschaften als auch die Qualität vorhandener Sorten zu verbessern, und so den Bedürfnissen von Landwirten und Konsumenten nachzukommen. Allerdings steigen diese Ansprüche stetig, dazu kommen neue Anforderungen an den Ertrag zur Ernährung der wachsenden Weltbevölkerung, an Klimatoleranz und an eine verbesserte Nachhaltigkeit des Anbaus. Weltweit haben innovative Verfahren der Pflanzenzüchtung, wie das Genome Editing, den Werkzeugkasten der Züchter ergänzt und werden aktiv zur Entwicklung verbesserter Sorten eingesetzt. In Europa dagegen ist diese Entwicklung aufgrund restriktiver gesetzlicher Rahmenbedingungen für neue Züchtungstechnologien ungewiss.

Quelle: Henk J. Schouten et al. 2019, [Breeding Has Increased the Diversity of Cultivated Tomato in The Netherlands](#), *Frontiers in Plant Science* 10:1606

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

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