

InterNutrition POINT

Aktuelles zur grünen Biotechnologie

Nr. 91
Mai 2009

Inhalt

<i>Multivitamin-Mais: Ausgewogenere Ernährung in armen Ländern durch Biofortifikation.....</i>	<i>S. 1</i>
<i>Ernährungs-Studie: "Goldener Reis" ist eine wirksame Vitamin-A-Quelle für Menschen</i>	<i>S. 2</i>
<i>Zinkfinger-Nukleasen: Durchbruch bei der präzisen Erbgut-Veränderung in Pflanzen</i>	<i>S. 3</i>
<i>Bt-Mais: Ansätze und Grenzen für ein anbaubegleitendes Umweltmonitoring</i>	<i>S. 4</i>
<i>NFP59: Gentechnisch veränderte Pflanzen und die Gesellschaft</i>	<i>S. 5</i>

Multivitamin-Mais



Vitamin- Mais; die orange Farbe stammt vom hohen Beta-Carotin-Gehalt

[Naqvi et al. 2009;](#)
©2009 National Academy of Sciences

Ausgewogenere Ernährung in armen Ländern durch Biofortifikation

Vitaminmangel betrifft etwa die Hälfte der Weltbevölkerung – besonders in Entwicklungsländern, in denen sich grosse Teile der Bevölkerung hauptsächlich von Getreide ernähren. Diese einseitige Ernährung reicht zwar oft aus, um den Körper ausreichend mit Energie zu versorgen, kann aber zu einem Mangel an Spurenelementen und Vitaminen (Mikronährstoffen) führen. Ein abwechslungsreicher Speiseplan mit viel frischem Gemüse könnte hier Abhilfe schaffen. Gerade für arme Bevölkerungsschichten ist dies leider oft unbezahlbar, und die Ressourcen für einen Eigenanbau fehlen. Wegen dem hohen Aufwand und den Kosten stellt die Verteilung von Vitaminpräparaten auch keine allgemein brauchbare Alternative dar.

Ein viel versprechender Ansatzpunkt für eine ausgewogenere Ernährung ist es, den Mikronährstoff-Gehalt der Grundnahrungsmittel durch die Entwicklung verbesserter Pflanzensorten zu steigern. Diese biologische Anreicherung wird auch als Biofortifikation bezeichnet. Die erforderlichen Nährstoffe wachsen dabei in der Pflanze mit, ein zusätzlicher Aufwand für die Versorgung der Bevölkerung entsteht nicht. Da mit Hilfe klassischer Züchtungsverfahren viele Mikronährstoffe nicht oder nur ungenügend angereichert werden können, stellen gentechnische Verfahren hier eine wichtige Alternative dar. Verschiedene Beispiele für Pflanzen mit gentechnisch erhöhten Nährstoffgehalt sind bereits bekannt – zum Beispiel Reis und Kartoffeln mit mehr Beta-Carotin, Mais mit mehr Lysin, und Salat mit erhöhtem Eisen-Gehalt. Allerdings löst die Verbesserung des Gehalts der Nahrung an einem einzelnen Mikronährstoff oft nur ein Teil des Problems, andere Mangelzustände bleiben unbeeinflusst. Wünschenswert wäre hier die Biofortifikation der Hauptnahrungsquelle mit mehreren Mangelsubstanzen zugleich. Allerdings ist die Kombination von verschiedenen Eigenschaften in einer Pflanze durch klassische Züchtung ein langwieriger Prozess.

Ein Forscherteam aus Spanien und Deutschland hat nun gezeigt, dass es möglich ist, den Gehalt gleich an drei wichtigen Vitaminen in weissem Mais – einem wichtigen Grundnahrungsmittel im südlichen Afrika – in einem einzigen Schritt zu steigern. Sie konnten transgene Pflanzen erzeugen,

welche die 169-fache Menge an Beta-Carotin (Provitamin A), die sechsfache Menge an Ascorbat (Vitamin C), und die doppelte Menge an Folsäure wie nicht transgene Kontrollpflanzen enthielten. Zu diesem Zweck führten sie mit Hilfe einer "Genkanone" gleichzeitig fünf Genkonstrukte in Maisembryonen ein, und erzeugten daraus 75 transgene Pflanzen. Ein Drittel dieser Pflanzen hatte tatsächlich alle fünf zugeführten Transgene in ihr Erbgut eingebaut. Unter diesen Pflanzen wählten die Forscher eine aus, in der die neu eingebauten Gene besonders stark abgelesen wurden, und konnten durch biochemische Analysen ihren erhöhten Vitamingehalt feststellen. Die neue Pflanzeigenschaft wurde stabil über mehrere Generationen an die Nachkommen weitervererbt. Berechnungen zeigen, dass die neue Maissorte einen deutlichen Beitrag zur Vitaminversorgung der Bevölkerung leisten könnte, weitere Verbesserungen im Vitamingehalt sowie die Einführung zusätzlicher Mikronährstoffe sind durchaus denkbar. Die Forscher weisen darauf hin, dass die mit Hilfe der Gentechnik mögliche Einführung neuer Eigenschaften in alte, lokal etablierte Pflanzensorten mit klassischen Züchtungsverfahren kaum zu erreichen sei, und die neu entwickelten Sorten Gesundheit und Wohlergehen gerade der Ärmsten verbessern könnten. Voraussetzung hierfür allerdings sei die Beilegung von politischen Streitigkeiten um den Einsatz gentechnisch veränderter Pflanzen in Entwicklungsländern, und die Anwendung klarer, wissenschaftlicher Kriterien für deren Zulassung und Anbau.

Quellen: Shaista Naqvi et al. 2009, "[Transgenic multivitamin corn through biofortification of endosperm with three vitamins representing three distinct metabolic pathways](#)", PNAS 19:7762-7767; Changfu Zhua et al. 2008, "[Combinatorial genetic transformation generates a library of metabolic phenotypes for the carotenoid pathway in maize](#)", PNAS 105:18232-18237

Ernährungs- Studie

"Goldener Reis" ist eine wirksame Vitamin-A-Quelle für Menschen

Vor zehn Jahren wurde ein Prototyp einer transgenen Reissorte mit erhöhtem Provitamin-A-Gehalt vorgestellt, die aufgrund der goldgelben Färbung der Reiskörner - hervorgerufen durch ihren hohen Beta-Carotiningehalt - bald als "Goldener Reis" bekannt wurde. Ziel des Entwicklungsteams unter der Führung von Ingo Potrykus (ETH Zürich) und Peter Beyer (Universität Freiburg/Brsg.) war es, einen Beitrag zur Bekämpfung des in Entwicklungsländern verbreiteten Vitamin-A-Mangels zu leisten, an dessen direkten Folgen jährlich Hunderttausende von Kindern erblinden; über eine Millionen Kinder werden jedes Jahr durch Vitamin A-Mangel so stark geschwächt dass sie frühzeitig sterben. Vor fünf Jahren wurde dann der "Goldene Reis II" entwickelt, mit einem deutlich gesteigerten Gehalt an Provitamin A. In Feldversuchen wurden dessen Anbaueigenschaften eingehend untersucht, zugleich wurde damit begonnen das Merkmal in lokale, asiatische Reissorten einzukreuzen. Auch seine Eigenschaften für die menschliche Ernährung wurden eingehend untersucht. Eine wichtige Frage war, ob das in den Reiskörnern enthaltene Provitamin A vom menschlichen Körper tatsächlich aufgenommen und in Vitamin A umgewandelt werden kann - ohne diese Umwandlung bliebe der "Goldene Reis" nutzlos. Tatsächlich gibt es Nahrungsmittel, die trotz hohem Provitamin A-Gehalt nur schlechte Vitamin-A-Quellen sind. Die ersten Resultate der Untersuchungen zur Bioverfügbarkeit des Provitamin A in Goldenem Reis wurden jetzt veröffentlicht.

Eine Gruppe von fünf erwachsenen Freiwilligen verspeiste je eine Portion gekochten Goldenen Reis (etwa 100 g Trockengewicht) mit biochemisch markiertem Provitamin A. Anschliessend wurde anhand von Blutproben

dessen Aufnahme und Umwandlung in Vitamin A untersucht. Es zeigte sich, dass Goldener Reis eine sehr gute Vitamin-A-Quelle darstellt, und eine einzelne Portion in etwa den Tagesbedarf eines Erwachsenen deckt. Für die eigentliche Zielgruppe, Kinder in der Wachstumsphase, kann man aufgrund dieser Daten davon ausgehen dass ihr Vitamin-A-Bedarf ebenfalls durch den Goldenen Reis gedeckt werden könnte. Gegenwärtig laufen noch umfangreiche Versuche, um dies auch in der Praxis zu bestätigen.

Trotz seines enormen Potentials zur Rettung von Leben und Linderung von Leid ist noch unklar, wann Goldener Reis in armen Ländern Asiens zum Anbau zugelassen werden könnte. Grund hierfür sind hohe gesetzliche Schranken und strenge Auflagen, die auch aufgrund kritischer westlicher Positionen gegenüber der Gentechnik eingerichtet wurden. Die dadurch sehr aufwendigen und teuren Zulassungsverfahren überschreiten bei Weitem das Budget öffentlicher Forschungsinstitute, und rentieren sich eigentlich nur für Produkte, bei denen ein grosser wirtschaftlicher Gewinn zu erwarten ist. Dies ist beim Goldenen Reis nicht der Fall: das Saatgut soll ohne Lizenzgebühren an arme Bauern abgegeben werden, damit sie es selbst vermehren und weitergeben können.

Damit die Nutzung des Goldenen Reis nicht an der fehlenden Finanzierung der Zulassungsverfahren scheitert, hat die Rockefeller Foundation im letzten Herbst angekündigt, die Zulassungsverfahren für den Goldenen Reis in Bangladesch, Indien, Indonesien und den Philippinen zu unterstützen – es bleibt abzuwarten, wie viele Jahre trotzdem noch vergehen werden bis die von Vitamin-A-Mangel betroffene Bevölkerung davon profitieren kann.

Quellen: Guangwen Tang et al. 2009, "[Golden Rice is an effective source of vitamin A](#)", Am J Clin Nutr 89:1776-1783; Henry I. Miller 2009, "[A golden opportunity, squandered](#)", Trends in Biotechnology 27:129-130; Golden Rice Project Homepage, www.goldenrice.org

Zinkfinger- Nukleasen

Durchbruch bei der präzisen Erbgut-Veränderung in Pflanzen

Es ist mittlerweile relativ einfach, Pflanzen neue genetische Information an zufälligen Positionen in das Erbgut einzufügen. Viel schwieriger war es bisher, bereits vorhandene Erbinformationen gezielt zu verändern, um z. B. bestimmte Gene auszuschalten oder auszutauschen. Die wenigen Fälle, in denen dies bisher gelungen ist, setzten entweder einen enormen Arbeitsaufwand für die Suche nach der "Nadel im Heuhaufen" voraus, oder waren auf sehr spezifische Situationen beschränkt. Das Fehlen einer allgemeinen Methode für gezielte genetische Veränderungen, wie sie für viele Mikroorganismen und manche Tierarten schon länger besteht, hat bisher die Entwicklung der "Grünen Gentechnik" deutlich erschwert.

Zwei Veröffentlichungen in der renommierten Fachzeitschrift "Nature" zeigen diesen Monat einen Weg auf, wie beliebige Stellen innerhalb des pflanzlichen Genoms präzise modifiziert werden können – möglicherweise ein Durchbruch für die Pflanzen-Gentechnik. Zwei US-amerikanische Forschergruppen verwendeten spezielle Eiweisse, sogenannte Zinkfinger-Nukleasen, um an spezifischen Positionen im Genom Schnitte einzuführen. Sie machten sich dabei die Eigenschaft bestimmter DNA-Bindeproteine zunutze, mit einem als Zinkfinger-Domäne bezeichneten Bereich hochspezifisch an bestimmte DNA-Abschnitte zu binden. Die Bindespezifität dieses Bereichs kann im Labor gezielt verändert und an ausgewählte Ziele angepasst werden. Ein Hybrid-Eiweiss aus spezifisch DNA-bindenden Zinkfinger-Domänen und einer unspezifisch die DNA spaltenden Nuklease kann eingesetzt werden,

um das pflanzliche Erbgut an definierten Positionen zu schneiden. Die Reparatur der DNA-Strangbrüche durch die Pflanzenzelle kann zu kurzen Einfügungen oder Sequenzverlusten an der Schnittstelle und damit zu genetischen Veränderungen führen. Wird gleichzeitig mit dem DNA-Schnitt ein längerer DNA-Abschnitt, dessen Enden Ähnlichkeit zu den genomischen Sequenzen rund um die Bruchstelle haben, von aussen zugeführt, so kann dieser gleichsam als Matrize für die Reparatur verwendet werden. Dabei kann dann auch neue, von aussen zugeführte genetische Information an der Bruchstelle oder in der näheren Umgebung eingebaut werden.

Die Forscher nutzten diesen Ansatz erfolgreich, um als Nachweis der Wirksamkeit der Methode bereits bekannte Tabak-Gene präzise an bestimmten Positionen so zu verändern, dass die Pflanzen resistent gegen ein Herbizid wurden. Der zweiten Gruppe gelang es, bei Maispflanzen ein Schlüsselgen für die Synthese von Phytat, einer in Futtermitteln unerwünschten phosphorreichen Verbindung, auszuschalten und durch ein Herbizidtoleranz-Gen zu ersetzen. Die Körner der dabei entstandenen transgenen Pflanzen wiesen einen deutlich niedrigeren Gehalt von organisch gebundenem Phosphor auf – derart veränderte Futter-Maispflanzen könnten den Phosphatgehalt tierischer Exkremate und die dadurch bedingte Umweltbelastung reduzieren.

Während bei früheren, auf "Zufallstreffern" beruhenden Ansätzen zur Gen-Inaktivierung oder -Veränderung oft Tausende von Pflanzen untersucht werden mussten um das gewünschte Ereignis zu finden, konnte mit Hilfe der Zinkfinger-Nukleasetechnik der Anteil der korrekt veränderten Pflanzen in einigen der beschriebenen Versuche auf über 50% gesteigert werden. Obwohl die Methode selbst noch nicht Routine und relativ aufwendig ist, ermöglicht sie trotzdem eine enorme Reduktion des Gesamtaufwandes bei der gezielten Genom-Veränderung, da wesentlich weniger Pflanzen aufgezogen und untersucht werden müssen um die gewünschte Modifikation zu finden. Zukünftige Entwicklungen, die durch präzise Eingriffe ins Pflanzen-genom gezielte Änderungen der Pflanzeigenschaften anstreben, sollten durch die neue Methode wesentlich vereinfacht werden.

Quellen: Vipula K. Shukla et al. 2009, "[Precise genome modification in the crop species Zea mays using zinc-finger nucleases](#)", Nature 459:437-441; Jeffrey A. Townsend et al. 2009, "[High-frequency modification of plant genes using engineered zinc-finger nucleases](#)", Nature 459:442-445; Zinc Finger Consortium Website, www.zincfingers.org

Bt-Mais

Ansätze und Grenzen für ein anbaubegleitendes Umweltmonitoring

Gentechnisch veränderte Pflanzen (GVP) für die Landwirtschaft werden vor ihrer Marktzulassung gründlich geprüft, um unerwünschte Umweltauswirkungen bei ihrem Anbau auszuschliessen. Zusätzlich sehen sowohl die Schweiz als auch die EU beim Anbau von GVP ein Umweltmonitoring vor, damit mögliche unerwartete, nachteilige Auswirkungen rechtzeitig erkannt werden und – falls erforderlich – entsprechende Gegenmassnahmen ergriffen werden können. Wissenschaftler der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART leisten in zwei aktuellen Veröffentlichungen wichtige Beiträge für die Ausgestaltung derartiger Beobachtungs-Programme.

Der erste Beitrag (Aviron et al. 2009) widmet sich dem Nachweis möglicher nachteiliger Auswirkungen von Maiszünsler-resistentem Bt-Mais auf andere Schmetterlingsarten. Diese sind aufgrund der Verwandtschaft zwischen Schädling und nicht-Ziel-Organismen zwar nicht grundsätzlich auszuschliessen, aufgrund der vorliegenden Daten scheint das Risiko jedoch äusserst

gering zu sein. Die Verbreitung und Häufigkeit der Schmetterlingsarten, die potentiell Kontakt zu Bt-Mais in der Schweiz haben könnten, wurden über einen Zeitraum von 7 Jahren in vielen unterschiedlichen Lebensräumen untersucht. Es zeigten sich starke Schwankungen der Häufigkeit der Arten, die auf verschiedene nur teilweise bekannte Faktoren zurückgingen. Ein zusätzlicher Einfluss durch den Anbau von Bt-Mais würde nur bei einer drastischen Auswirkung auf Artenreichtum oder Individuenzahl der häufigsten Arten auffallen – bei einer Untersuchung von je hundert Vergleichsflächen könnte erst eine Änderung von über 30% zuverlässig festgestellt werden. Für seltene Schmetterlingsarten ist der Nachweis eines Einflusses durch Bt-Mais durch reine Bestandserhebungen praktisch nicht möglich. Die Autoren schlagen daher vor, dass eine noch gründliche Risikoabklärung im Labor oder Treibhaus wirksamer und kosteneffizienter ist als ein anbaubegleitendes Umweltmonitoring, um mögliche Risiken für Schmetterlinge auszuschliessen.

Natürliche Feinde der Schädlinge haben eine wichtige Rolle für das biologische Gleichgewicht. Bislang gibt es weder konkrete Hinweise noch plausible Szenarien für direkte nachteilige Auswirkungen von Maiszünsler-resistenten Bt-Maispflanzen auf diese Gruppe, so dass ein auf einer Schadenshypothese basierendes fallspezifisches Monitoring ohne Grundlage wäre (Sanvido et al. 2009). Die Autoren schlagen ein indirektes Verfahren für eine allgemeine Überwachung vor, das sich nicht auf reine Bestandserhebungen einzelner Insektengruppen, sondern auf deren ökologischer Funktion abstützt. Das Versagen der biologischen Schädlingskontrolle durch eine Schädigung der natürlichen Feinde würde ein Überhandnehmen der Schädlinge im Maisfeld bewirken, welches leicht festgestellt werden könnte – zum Beispiel durch die betroffenen Landwirte selbst. In diesem Fall müsste dann der Grund der Störung des Gleichgewichts ermittelt werden, und ob ein Zusammenhang mit dem Anbau des Bt-Mais besteht.

Quellen: Stephanie Aviron et al. 2009, "[Case-specific monitoring of butterflies to determine potential effects of transgenic Bt-maize in Switzerland](#)", Agriculture, Ecosystems & Environment 131:137-144; Olivier Sanvido et al. 2009, "[An approach for post-market monitoring of potential environmental effects of Bt-maize expressing Cry1Ab on natural enemies](#)", Journal of Applied Entomology 133:236-248.

NFP59 Newsletter

Gentechnisch veränderte Pflanzen und die Gesellschaft

Gibt es in der Schweiz tatsächlich keine Nachfrage nach gentechnisch veränderten Lebensmitteln? Welche Faktoren tragen zur Akzeptanz von Gentechnologie in der Gesellschaft bei? Wie bildet sich die Bevölkerung anhand von Medienberichten eine Meinung zur Grünen Gentechnik? Die diesen Monat erschienene zweite Ausgabe des Newsletters des nationalen Forschungsprogramms NFP59 "Nutzen und Risiken der Freisetzung gentechnisch veränderter Pflanzen", diesmal mit dem Schwerpunkt "Wissen und Vertrauen", gibt einige überraschende Antworten auf diese Fragen. Er stellt drei Teilprojekte des NFP genauer vor, und fasst erste Forschungsergebnisse zusammen. Unter anderem wird über Verkaufsversuche mit Brot aus gentechnisch verändertem Mais in der Schweiz, die Bedeutung des Vertrauens für die Meinungsbildung, und die Einstellung von verschiedenen Akteuren und der breiten Öffentlichkeit zur Gentechnik in der Landwirtschaft berichtet. Der Newsletter kann online gelesen werden oder im PDF-Format heruntergeladen werden, auch kann man zukünftige Ausgaben abonnieren.

Quelle: [Newsletter NFP59, Ausgabe 2 \(Mai 2009\), www.nfp59.ch](#)

Kontakt und Impressum



POINT erscheint monatlich in elektronischer Form auf Deutsch und Französisch. Er fasst aktuelle Meldungen aus Forschung und Anwendung rund um die grüne Biotechnologie zusammen. Für ein kostenloses Abonnement (e-mail) können Sie sich auf unserer Website www.internutrition.ch anmelden, dort steht auch ein [Archiv](#) der vorherigen Ausgaben zur Verfügung.

Wir freuen uns auf Ihre Fragen und Anregungen!

InterNutrition, Postfach, CH-8021 Zürich

Telefon: 043 255 2060 Fax: 043 255 2061

Homepage: <http://www.internutrition.ch>, e-mail: info@internutrition.ch

Text: [Jan Lucht](#)