

InterNutrition POINT

Aktuelles zur grünen Biotechnologie

Nr. 212

Januar 2020

Inhalt

Klimaschutz: Gentechnisch veränderte Pappeln verbessern Luftqualität S. 1

Genome Editing I: Züchtung von Tomaten für «Urban Agriculture» mit CRISPR/Cas9S. 2

Genome Editing II: Standfestere Reissorten dank CRISPR/Cas9S. 3

Insektenresistenz: Pflanzen mit mehreren Bt-Eiweissen stellen kein erhöhtes Risiko für Nützlinge darS. 4

Goldener Reis: Lebensmittel-Zulassung auf den PhilippinenS. 5

Klimaschutz



Pflanzung mit gentechnisch veränderten Pappeln

Abbildung: © [University of Arizona](#) / [David J.P. Moore](#)

Gentechnisch veränderte Pappeln verbessern Luftqualität

Bäume filtern und reinigen die Luft, in ihrem Schatten herrscht selbst im Hochsommer angenehme Kühle. Ein Spaziergang im Wald gilt daher als gesund, die Luft dort als besonders sauber. Kaum bekannt ist, dass gerade Bäume auch zur globalen Luftverschmutzung beitragen. Pflanzen geben weltweit jährlich über 500 Millionen Tonnen der flüchtigen Kohlenwasserstoff-Verbindung Isopren in die Atmosphäre ab, das ist ähnlich viel wie die natürliche Methan-Emission. Besonders viel Isopren produzieren Bäume bei Hitze.

Beim Abbau von Isopren in der Luft werden das gesundheitsschädliche Ozon und andere Luft-Schadstoffe gebildet, der Abbau des Treibhausgases Methan gebremst und die Entstehung von Aerosolpartikeln in der Luft gefördert. Abgesehen von den nachteiligen Auswirkungen auf die Luftqualität können diese Substanzen auch unterschiedliche Auswirkungen auf das Klima haben. Experten gehen davon aus, dass Isopren eher zu einer Erwärmung der Erdatmosphäre beiträgt.

Die Verwendung von nachwachsender Biomasse statt fossiler Rohstoffe wird als eine wesentliche Massnahme zur Bekämpfung des Klimawandels gesehen. Schnell wachsende Bäume in grossen Plantagen, z. B. Eukalyptus oder Pappeln, können dazu einen wichtigen Beitrag leisten. Pappeln als Brennstoff für die Energieerzeugung oder als Rohstoff für die Papierindustrie werden bereits auf knapp 10 Millionen Hektaren weltweit angebaut. Forscher suchen daher nach Möglichkeiten, nachteilige Umweltauswirkungen dieser Plantagen möglichst gering zu halten. Eine Reduktion der Emissionen von flüchtigen organischen Substanzen in Form von Isopren wäre hierfür ein vielversprechender Ansatz – vor allem, weil die Isopren-Freisetzung bei einer Klima-Erwärmung noch deutlich zunehmen würde.

So stellten sich der Forschung zwei Fragen: Kann die Isopren-Produktion von Pappeln in den Plantagen gebremst werden? Und falls ja: die Funktion der Isopren-Freisetzung für Pflanzen ist nicht ganz verstanden, es wurde vorgeschlagen, dass sie für die Stress-Toleranz wichtig sein könnte. Hätte ein Verlust der Isopren-Produktion daher möglicherweise nachteilige Auswirkungen auf die Pflanzen?

In einem grossen Forschungsprojekt unter Leitung von Wissenschaftlern

von der University of Arizona, dem Helmholtz Forschungszentrum in München sowie von der Portland State University und der Oregon State University wurde bei Pappeln mit Hilfe der RNA-Interferenz-Technologie (RNAi) gezielt die Ableitung eines für die Isopren-Synthese wichtigen Gens ausgeschaltet. Dazu wurden zwei kurze Genabschnitte aus dem Pappel-Erbgut im Reagenzglas in einer speziellen Anordnung kombiniert und zurück in das Pflanzen-Genom integriert. Bei der Ableitung dieses kurzen Abschnittes entsteht eine Haarnadel-artige RNA-Struktur, welche die Ableitung des intakten Pflanzengens blockiert. Wie erwartet, produzierten die derartig veränderten Pappeln praktisch kein Isopren mehr.

Die Pflanzen wurden an zwei Standorten in den USA in kleinen Plantagen angepflanzt, um ihr Wachstum und das Verhalten in der Umwelt über einen Zeitraum von drei oder vier Jahren zu prüfen. Eine Plantage war im gemäßigten Oregon, die andere im sehr heissen und trockenen Arizona – damit sollte herausgefunden werden, ob die gentechnisch veränderten Bäume unter Klimastress schlechter gedeihen als unveränderte Pappeln, weil ihnen Anpassungsmechanismen fehlen. Es zeigte sich jedoch, dass an beiden Standorten das Wachstum und die Photosynthese-Leistung der Isopren-reduzierten Pflanzen praktisch unverändert war. Zwar traten gewisse Stoffwechsel-Unterschiede auf, z. B. bei den Blattpigmenten, die auf die Aktivierung alternativer Mechanismen zur Stressabwehr hindeuteten. Die Biomasse-Produktion, die wichtigste Messgrösse für eine Plantage, wurde dadurch jedoch nicht beeinträchtigt.

Die Forscher schliessen daraus, dass durch eine einfache genetische Veränderung die nachteiligen Umweltauswirkungen der Isopren-Emission durch kultivierte Pappeln verhindert werden kann. So müssten die Klima-Vorteile einer intensiveren Biomasse-Nutzung nicht durch Beeinträchtigungen der Luft-Qualität erkaufte werden. Diese Anpassung könnte auch mit Hilfe des Genome Editings erzeugt werden – das hätte den Vorteil, dass die resultierenden Pflanzen in vielen Ländern, z. B. den USA, nicht als «gentechnisch veränderte Organismen» gelten würden, und ohne spezielle Auflagen angebaut werden könnten. In Europa wäre das auch bei genomeditierten Organismen ohne Fremd-Erbinformation nach aktueller Rechtslage nicht möglich.

Quellen: Russell K. Monson et al. 2020, [High productivity in hybrid-poplar plantations without isoprene emission to the atmosphere](#), PNAS 117:596-1605; [Genetically Modified Poplar Trees Save Air Quality, Grow Well](#), University of Arizona News, 06.01.2020

Genome Editing I

Züchtung von Tomaten für «Urban Agriculture» mit CRISPR/Cas9

Immer mehr Menschen leben in Städten. «Urban Agriculture», die landwirtschaftliche Produktion in den Städten, strebt eine Versorgung der urbanen Bevölkerung mit frischen, hochwertigen und lokal produzierten Lebensmitteln an, z. B. von Dachgärten oder aus kompakten horizontalen Indoor-Produktionsanlagen mit künstlicher, energieeffizienter LED-Beleuchtung. Um eine wirtschaftliche Produktion zu ermöglichen, muss der begrenzte Platz sehr effizient genutzt werden. Dafür eignen sich bisher nur wenige Nutzpflanzen-Arten. Im grossen Massstab werden bisher nur Blattgemüse und Salat in «Urban Farms» produziert, da diese rasch wachsen und vollständig geerntet und verwertet werden können. Früchte und Beeren eignen sich bisher noch nicht für einen wirtschaftlichen Anbau in der Stadt, obwohl der Bedarf an vitaminreichen frischen Früchten gross wäre.

Ein Forscherteam aus den USA, Korea und Israel unter Federführung von

Zachary B. Lippman vom renommierten Cold Spring Harbor Laboratory (USA) hat jetzt mit Hilfe der Genomeditierung Tomaten für eine effiziente Produktion unter beschränkten Platzverhältnissen entwickelt. Sie strebten dabei zwei Ziele an: die Pflanzen sollten bei hohem Ertrag möglichst kompakt wachsen, und sie sollten möglichst schnell die Ernte ermöglichen. Sie verwendeten für ihre Arbeiten die beliebte Kirschtomaten-Sorte «Sweet 100». Aufgrund ihres Wissens darüber, wie die Architektur und der Blühzeitpunkt der Tomatenpflanzen durch verschiedene Gene gesteuert werden, wählten sie drei Tomatengene aus und schalteten diese in einem Durchgang mit Hilfe der CRISPR/Cas9 Technologie aus.

Die daraus entstandenen genetisch veränderten Pflanzen wiesen im Gegensatz zur Ausgangssorte, die in langen Ranken wächst, einen sehr kompakten, buschigen Wuchs auf und waren über und über mit Früchten behängt. Die ersten Tomaten waren bereits 40 Tage nach der Aussaat reif, deutlich früher als bei der unveränderten Sorte. Bei einem sehr dichten Anbau auf klassischen Beeten lieferten die genomeditierten Pflanzen einen hohen Ertrag, auch hatten sie weniger Ernteverluste durch spontanes Abfallen reifer Tomaten. Auch in einer künstlich mit LED beleuchteten, vertikalen Hors-Sol-Kulturanlage, in der mehr als 1000 Pflanzen platzsparend in mehreren Lagen übereinander wuchsen, bewährten sich die Pflanzen.

Die Forscher hoffen, mit ihren Arbeiten an Tomaten einen wichtigen Beitrag zur Ausweitung des Pflanzenspektrums zu leisten, das für «Urban Agriculture» geeignet ist, und damit der grossen Nachfrage entgegenzukommen. Eine landwirtschaftliche Nahrungserzeugung direkt in den Städten ermöglicht kurze Wege und erntefrische Ware für die Konsumenten. Da die Pflanzen in Indoor-Anlagen vor ungünstigen Witterungsbedingungen, Schädlingen und Krankheiten geschützt sind, wird eine platz- und ressourcensparende, zuverlässige Produktion rund um das Jahr, unabhängig von den Jahreszeiten möglich. Dies wird mit der weiteren globalen Verlagerung der Bevölkerung vom Land in die Städte immer wichtiger. Aber nicht nur auf der Erde könnten diese Forschungsergebnisse einst Anwendung finden: auch die NASA zeigte Interesse daran. Auch für längere, bemannte Raumflüge oder die Besiedlung von Forschungsstationen ausserhalb unseres Planeten wäre eine platzeffiziente Produktion vitaminreicher Frischfrüchte von grosser Bedeutung.

Quellen: Choon-Tak Kwon et al. 2019, [Rapid customization of Solanaceae fruit crops for urban agriculture](#), Nature Biotechnol. (online 23.12.2019, doi:10.1038/s41587-019-0361-2); [A new tomato ideal for urban gardens and even outer space](#), CSHL News, 23.12.2019; [Pflanzen ans Urban Farming anpassen: Genomeditierung lässt Nachtschattengewächse kompakt wachsen und früh reifen](#), Pflanzenforschung.de, 13.01.2020

Genome Editing II

Standfestere Reissorten dank CRISPR/Cas9

«Genetische Erosion» bezeichnet den Verlust genetischer Variabilität bei der Pflanzenzüchtung, durch zu starke Konzentration auf wenige ertragsreiche Sorten. Fehlende Variabilität schränkt die Möglichkeiten der klassischen Pflanzenzüchtung stark ein. Ein Forscherteam vom staatlichen chinesischen Reiserforschungsinstitut zeigt nun, wie Genome Editing dazu verwendet werden kann, um die genetische Vielfalt zu erhöhen und um gewünschte Pflanzen-Eigenschaften miteinander zu kombinieren.

Die Wissenschaftler setzten bei zwei Reis-Landsorten mit günstigen agronomischen Eigenschaften an, wie einem geringen Phosphorbedarf und Resistenzen gegen verschiedene Krankheiten und Schädlinge. Allerdings

wuchsen diese Sorte unter modernen Anbaubedingungen zu hoch – mit dem Risiko, bei Wind und ungünstiger Witterung abzuknicken. Durch das gezielte Ausschalten des Reisgens *SD1* mit Hilfe der CRISPR/Cas9 Genome Editing Technologie konnten mit geringem Aufwand Varianten der Landsorten erzeugt werden, die weniger gross wuchsen (um die 80 cm statt 140 cm) und so beständiger gegen das Umknicken und daraus resultierende Ernteverluste waren.

Zugleich blieben die günstigen agronomischen Eigenschaften der Ausgangs-Landsorten erhalten. Auch bei Wachstumsbedingungen ohne Windbruch zeigten die genomeditierten Reissorten einen leicht erhöhten Ertrag. Durch das Genome Editing des Schlüsselgens *SD1* konnten so Landsorten mit vielen günstigen genetischen Eigenschaften für die weitere Züchtung zugänglich gemacht werden, und derart ein Beitrag gegen die «genetische Erosion» geleistet werden.

Quelle: Xingming Hu et al. 2019, [Using CRISPR-Cas9 to generate semi-dwarf rice lines in elite landraces](#), Scientific Reports 9:19096

Insekten- resistenz

Pflanzen mit mehreren Bt-Eiweissen stellen kein erhöhtes Risiko für Nützlinge dar

Seit 1996 werden insektenresistente, gentechnisch veränderte Nutzpflanzen im grossen Massstab angebaut. Der eingebaute Schutz der Pflanzen gegen Schädlingsfrass reduziert den Bedarf an Insektiziden und den Arbeitsaufwand der Landwirte für die Schädlingsbekämpfung, zugleich werden Ernteverluste verringert und dadurch der Ertrag gesteigert. Unter dem Strich bleibt den Bauern oft ein deutlich höherer Gewinn. Diese positiven Erfahrungen seit über 2 Jahrzehnten haben zu einer deutlichen Ausweitung der Anbauflächen geführt. Gemäss der letzten verfügbaren ISAAA Anbau-Statistik wurden insektenresistente Pflanzen im Jahr 2018 global auf über 103 Mio. Hektaren angepflanzt, das sind 54% der gesamten Biotech-Anbaufläche von 191.7 Mio. ha.

Die meisten der schädlingsresistenten Nutzpflanzen produzieren bestimmte insektizide Eiweisse, die aus dem Bakterium *Bacillus thuringiensis* (Bt) abgeleitet sind. Hiervon gibt es verschiedene Versionen, die gegen unterschiedliche Schädlingsklassen (z. B. Falter oder Käfer) gerichtet sein können. Um einen breiten Schutz zu vermitteln, können verschiedene Bt-Gene in Nutzpflanzen kombiniert («gestapelt») werden. Es existieren Maissorten mit bis zu sechs verschiedenen Bt-Genen. Dadurch kann auch ihre Wirksamkeit gesteigert und die Entstehung von Resistenzen gebremst werden.

Im Rahmen der Biosicherheits-Abklärung bei der Anbau-Zulassung gentechnisch veränderter Pflanzen wird geprüft, ob die Bt-Eiweisse neben ihrer gewünschten Aktivität gegen die Schädlinge unerwünschte Nebenwirkungen auf nicht-Zielorganismen haben, z. B. auf Nützlinge. Diese sollen im Feld geschützt bleiben, nachteilige Wirkungen hier würden gegen eine Zulassung sprechen. Da die Bt-Eiweisse hochspezifisch wirken, ist das in der Regel nicht der Fall – auch nicht, wenn verschiedene Bt-Eiweisse miteinander kombiniert getestet werden. Wo ein Hinweis auf eine sich gegenseitig verstärkende synergistische Wirkung einer Kombination von Bt-Eiweissen gegen Nützlinge aus Fütterungsexperimenten mit künstlich produzierten Bt-Toxinen fehlt, sind keine weiteren Abklärungen wie umfangreiche, teure und langwierige Feldversuche erforderlich.

Dieses übliche Vorgehen bei der Zulassungsprüfung wurde aber ver-

schiedentlich kritisiert: kann tatsächlich ausgeschlossen werden, dass in einer Pflanze mit einer gestapelten Kombination verschiedener Bt-Eiweisse keine unerwarteten Wechselwirkungen auftreten, die dann doch Nützlinge gefährden könnten? In diesem Fall sollte die Zulassungspraxis angepasst werden. Jörg Romeis und Michael Meissle von der Agroscope Forschungsgruppe Biosicherheit in der Schweiz haben nun in einer umfassenden und systematischen Studie die umfangreiche Fachliteratur zu dem Thema durchgearbeitet. Tatsächlich steht eine grosse Zahl von Daten zur Auswirkung kombinierter Bt-Eiweisse auf nicht-Zielorganismen zur Verfügung, zum Teil aus sehr praxisnahen Feldversuchen.

Aus etwa 2300 Literaturstellen mit Forschungsergebnissen zu möglichen Wirkungen von insektenresistenten Pflanzen wurden 58 wissenschaftliche Publikationen mit Resultaten aus Labor- oder Feldversuchen aus vielen Ländern, mit 34 Insektenarten (Laborstudien) und mehreren Nutzpflanzenarten identifiziert und genauer analysiert. Bei den Laboruntersuchungen wurden auch solche berücksichtigt, welche indirekte Auswirkungen auf insekten-fressende Nützlinge (z. B. Schlupfwespen) untersuchen, die sich nicht direkt von Bt-Pflanzen ernähren. Die analysierten 28 Feldstudien wurden mit Mais, Baumwolle, Reis und Soja mit jeweils mehreren Bt-Genen durchgeführt.

In keinem Fall ergaben sich Belege dafür, dass unerwartete Wechselwirkungen zwischen mehreren Bt Eiweissen zu nachteiligen Auswirkungen auf nicht-Zielorganismen führten. In keiner Untersuchung wurde ein gesteigertes Risiko durch die Kombination mehrere Wirkstoffe im Vergleich zu Pflanzen mit den einzelnen Proteinen gefunden. Die Forscher schliessen daraus, dass nach heutigem Wissensstand gentechnisch veränderte Pflanzen, die kombinierte Bt-Toxine enthalten, als ebenso sicher für Nicht-Zielorganismen angesehen werden können wie Pflanzen mit nur einem Bt-Toxin. Ein noch strengeres Zulassungsverfahren, mit zusätzlichen Anforderungen zur Sicherheitsprüfung für Nützlinge bei Pflanzen mit mehreren Insektenresistenzen, das über die aktuell bereits geforderten Abklärungen hinausgeht, ist daher aus wissenschaftlicher Sicht nicht erforderlich.

Quellen: Jörg Romeis & Michael Meissle 2020, [Stacked Bt Proteins Pose No New Risks to Nontarget Arthropods](#), Trends in Biotechnology (in press, online 14.01.2020, doi: 10.1016/j.tibtech.2019.12.001); [Ob ein oder mehrere Bt-Toxine in Gentech-Pflanzen – kein Unterschied für Nützlinge](#), Medienmitteilung Agroscope, 16.01.2020

Goldener Reis

Lebensmittel-Zulassung auf den Philippinen

Als erstes in grossem Umfang von Vitamin A-Mangel betroffenes Land haben die Philippinen den gentechnisch veränderten Goldenen Reis als Lebens- und Futtermittel sowie für die Verarbeitung zugelassen. Die Zulassung erfolgte im Dezember 2019 durch das Landwirtschaftsministerium, nach einer gründlichen Abklärung der Biosicherheit.

Im Jahr 2000 wurde der erste Prototyp des Goldenen Reis, entwickelt von Ingo Potrykus an der ETH Zürich und von Peter Beyer an der Universität Freiburg im Breisgau, der Öffentlichkeit vorgestellt. Durch den Einbau verschiedener Stoffwechsel-Gene produziert dieser Reis selber Provitamin A, und könnte so einen Beitrag zur besseren Versorgung der Bevölkerung leisten.

Der in mehreren asiatischen Ländern verbreitete Vitamin A-Mangel führt zu grossen gesundheitlichen Beeinträchtigungen und zahlreichen Todesfällen.

Nach mehreren Anpassungen und Verbesserungen, auch mit Unterstützung der Saatgut-Industrie, sowie der Einkreuzung in lokal angepasste Sorten steht mittlerweile für Kleinbauern gut geeignetes Saatgut zur Verfügung. Die Entwicklung wurde entscheidend vom International Rice Research Institute IRRI auf den Philippinen vorangetrieben. Erbitterte Proteste von Umwelt-Organisationen wie Greenpeace führten aber immer wieder zu Verzögerungen.

Sobald die noch ausstehende Anbau-Bewilligung vorliegt, kann der Goldene Reis den Kleinbauern auf den Philippinen zur Verfügung gestellt werden. Auch für Bangladesch wird demnächst eine Zulassung erwartet. In den USA, Kanada und in Neuseeland erfolgte die Lebensmittel-Zulassung bereits 2018, allerdings besteht in diesen Ländern kein ernster Vitamin A-Mangel. Möglicherweise ist die lange Odyssee des Goldenen Reis aus dem Labor bis auf die Felder bedürftiger Kleinbauern bald abgeschlossen.

Quellen: [Philippines approves Golden Rice for direct use as food and feed, or for processing](#), International Rice Research Institute (IRRI) News, 18.12.2019; [GM golden rice gets landmark safety approval in the Philippines](#), New Scientist, 31.12.2019; [The Golden Rice Project Website](#), <http://www.goldenrice.org>, [Golden Rice FAQs](#), International Rice Research Institute (IRRI)

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