

Züchtung 3.0

Moderne Züchtungstechniken für die Nutzpflanzen der Zukunft



Unsere Autoren: **Kl.-D. Jany, J.-W. Kellmann**, Wissenschaftlerkreis Grüne Gentechnik e.V. (WGG)

Die Verfahren zur Züchtung von Pflanzen, die den Anforderungen von Landwirten, Lebensmittelverarbeitern, Verbrauchern und sich ändernden Umweltbedingungen nachkommen, haben sich im Laufe der Zeit kontinuierlich und entsprechend dem Stand von Wissenschaft und Technik weiterentwickelt (Tab. 1). Heute werden eine Reihe von neuen und alten Verfahren gerade im Zusammenhang mit der Gentechnik diskutiert (Tab. 2). Handelt es sich, je nach angewandeter Züchtungsmethode, um ein GVO? Beispiel: Veredelung von Obstbäumen durch Pfropfung: Nicht geklärt ist hier, ob die Frucht eines solchen Baumes als GVO gilt bzw. zu kennzeichnen ist, wenn die Unterlage gentechnisch verändert wurde, der Reiser aber konventionell gezüchtet wurde. In der Frucht ist die gentechnische Veränderung nicht nachweisbar.

Vor 10.000 Jahren bereits begannen die Menschen, Pflanzen zu kultivieren – und auch zu selektieren: Denn nur jene Pflanzen wurden weiter gezüchtet, die sich für sie als vorteilhaft erwiesen. So entstanden alle unsere heutigen Nutzpflanzen. Der Mensch betreibt durch Auslese schon seit Jahrtausenden zielgerichtete Veränderungen an Pflanzen – mit dem Ergebnis, dass das Erbgut heutiger Nutzpflanzen nur noch wenig mit ihren natürlichen Vorfahren gemeinsam hat. Die Erkenntnisse von Gregor Mendel ermöglichen es bis heute, Kreuzungen und die Auswahl von Nachkommen zielgerichtet zu betrei-

ben. Durch gezieltes Kreuzen, Auslese und Wiederaussaat schaffen Züchter heute neue Sorten mit verbesserten Eigenschaften. Zu optimieren sind seit jeher verbesserte Ertragsleistungen und eine erhöhte Widerstandskraft gegen Pflanzenschädlinge oder Standortnachteile. Keimungsraten von über 90% und perfekte Erntevoraussetzungen der Feldfrüchte sind seit Jahrzehnten für die Landwirte in Europa und Nordamerika selbstverständlich geworden. Sich verändernde klimatische Bedingungen haben heute ein weiteres Züchtungsziel hinzugefügt: Resistenzen gegen zunehmende Wetterextreme wie beispielsweise Trockenheit oder Kälte. Zusätzliches Augenmerk wird auf die Entwicklung von Pflanzen gelegt, deren Inhaltsstoffe gesundheitserhaltende bzw. fitnessfördernde Eigenschaften aufweisen.

Methoden aus modernen Bereichen der Molekularbiologie und Biotechnologie erlauben heute eine sehr präzise

– und sehr begrenzt invasive – Züchtung von Nutzpflanzen: Gene – oder besser: einzelne bzw. wenige Basenpaare – gezielt auszutauschen, um auf diesem Weg besser und schneller neue Pflanzen mit bestimmten Eigenschaften zu erhalten, was lange Zeit unvorstellbar schien, ist inzwischen möglich geworden. Das in den letzten Jahren enorm gewachsene molekularbiologische Wissen hat viele neue Techniken hervorgebracht, die allmählich auch in der praktischen Züchtung zum Einsatz kommen. Wissenschaftler/Züchter sehen in den neuen, präziseren Methoden die Möglichkeit, Züchtungsverfahren zu beschleunigen und gleichzeitig vermeintliche Gefährdungspotentiale der neuen Pflanzen genau abzuschätzen. Anders als bei der herkömmlichen Züchtung, aber auch anders als bei der bisherigen, sogenannten rekombinanten Gentechnik, bei der DNA-Abschnitte unterschiedlicher Größe übertragen werden, ist es heute möglich,

Zeittafel der Pflanzenzüchtung

bis 1900	Auswahl vorhandener Varianten, gezielte Auswahl von Pflanzen
ab 1900	Gezielte Kreuzungen für genetische Veränderungen; Hybridsorten
ab 1950	Erzeugung von Mutationen durch Radioaktivität (Gammastrahlen); ungerichtete Mutationszüchtung
ab 1960	Zell- und Gewebekulturen, Protoplastenfusion
ab 1978	Gentechnik; Übertragung ausgewählter einzelner Gene oder von Genkonstrukten
2005	„Smart Breeding“ und Cisgenese
2010	Neue Techniken

Tabelle 1 Zeittafel für die Pflanzenzüchtung

Verfahren	Ergebnis
Transgenese fast alle heutigen gv-Pflanzen	Transfer artfremder Gene in Pflanzen
Cisgenese und Intragenese	Transfer von Genen/DNA-Abschnitten in kreuzbare, verwandte Pflanzen
Zinkfinger-nuclease – Technik (ZFN-1; ZFN-2; ZFN-3)	Eng begrenzte Veränderungen in der DNA
Oligonukleotid-gesteuerte Mutagenese	präzise ausgerichtete Punktmutation(en)
Pfropfung	Pfropfung auf GVO-Unterlage
Agroinfiltration	transiente Expression mittels Agrobakterien
RNA-abhängige DNA-Methylierung (RdDM)	Nutzung von miRNA, RNAi hairpin-RNA für DNA-Methylierungen
Synthetische Genomics (Biologie)	Transfer synthetisierter Genen oder Genome

Tabelle 2: Neue Züchtungsmethoden, von der EU-Kommission 2007 definiert

bestimmte kurze Abschnitte oder einzelne Basenpaare im Erbgut von Zellen gezielt ansteuern und sie dort – an Ort und Stelle – zu optimieren. Mit Hilfe dieser Techniken können also punktgenaue Veränderungen im Erbgut vorgenommen werden. Die Erbinformation wird dabei so präzise bearbeitet, als wäre sie ein Text in einem Schreibprogramm – Buchstabe für Buchstabe. Defekte Gene, die beispielsweise zum Verlust von Resistenzen gegen Pilzkrankheiten führen, lassen sich spurlos korrigieren. Umgekehrt können durch kleinste Genveränderungen Resistenzen erzeugt werden. Pflanzen mit erwünschten Eigenschaften entstehen. Der wesentliche Unterschied zu den sich bereits auf dem Markt befindenden „Genpflanzen“ ist, dass die neuen Züchtungstechniken in der Regel keine artfremden Gene in die Pflanze einbringen, sondern Gene, die bereits in der Pflanze vorhanden sind, verbessern.

Die Besonderheit der neuen Biotechniken: Sie nutzen natürliche Mechanismen – etwa zelleigene Reparatursysteme oder Abwehrstrategien von Bakterien gegen feindliche Krankheitserreger – um einzelne Gene abzuschalten oder einzelne Basen wie bei einer Mutationen zu modifizieren. Die so entstandenen Pflanzen sind von herkömmlich gezüchteten nicht mehr unterscheidbar. Die Resultate hätten ebenso gut in der Natur entstehen können – durch natürliche Mutation oder konventionelle Kreuzung.

Bei der Anwendung klassischer Methoden der Gentechnik wurde ein Gen für eine bestimmte Eigenschaft aus dem Erbgut einer Pflanze oder eines Bakteriums ausgeschnitten und als zusätzliches Element in die DNA einer anderen Pflanze eingebaut. Dank des fremden Gens produzierte beispielsweise Mais auf diese Art und Weise ein

Insektengift. Für derlei züchterische Ansätze ist diese Methode auch zukünftig noch von Belang, nämlich wenn es gilt, alternative Gene aus fremden Organismen in Nutzpflanzen einzubauen, um diesen beispielsweise Trockenresistenz zu verleihen. In der neuen Generation 3.0 hingegen ist der Einsatz von neuen Methoden als Werkzeug zu verstehen. Die Pflanzenzüchter nutzen zwar auch DNA-Abschnitte, die sie in die Zellen der Pflanzen einführen. Dort erledigen diese die gewünschten Veränderungen an der DNA, werden aber nicht eingebaut. Dieses Prinzip – nämlich die Erzeugung von Mutationen – wird seit Jahrzehnten schon in der konventionellen Züchtung verwendet. Anders als bei der klassischen Pflanzenzüchtung werden hier die Mutationen aber nicht wahllos durch Chemikalien oder Strahlung ausgelöst, sondern präzise, an einer zuvor definierten Stelle durchgeführt.

Sicher genießen!

Intertek

Valued Quality. Delivered.

Für die Lebensmittelsicherheit Ihrer Produkte und das Vertrauen Ihrer Kunden:

- Analytik für Lebensmittel, deren Verpackungen sowie Lebensmittelkontaktmaterialien
- Audits und Zertifizierungen
- Inspektionen und Probennahmen
- Deklarations- und Verkehrsfähigkeitsprüfungen
- Trainings und Schulungen
- Risikoanalysen und Lieferanten-Management

Überzeugen Sie sich von unseren innovativen Dienstleistungen aus unserem weltweiten Netzwerk!



Kommende Veranstaltungen

- **Basis-Schulung HACCP**
15.09. in Bremen und 15.12. in Stuttgart
- **Workshop Lebensmittelsensorik - Den Sinnen auf der Spur** 22.09. in Bremen
- **Praxisseminar Sensorik - Learning By Doing**
6.10. in Bremen
- **Schulung Konformitätserklärung** 19.11. in Bremen

Infos/Anmeldung: www.intertek.de/veranstaltungen



Biologen arbeiten schon seit geraumer Zeit mit solchen molekularen Werkzeugen: Vor einiger Zeit wurden die Zinkfinger-nukleasen entdeckt. Sie sind in der Lage, DNA punktgenau zu schneiden und an den Schnittstellen können neue Gene bzw. Basenpaare eingefügt werden. Es kam dann ein einfacheres Verfahren namens TALEN hinzu, welches ebenfalls Nukleasen nutzt. In den letzten Jahren haben sowohl der Einsatz von Zinkfinger-nukleasen (ZFN) als auch von TALENs die Molekularbiologie regelrecht revolutioniert. Bei dieser Methode wird der Zelle ein Fehler in ihrer DNA suggeriert, den diese gemäß einer eingeschleusten, mutierten Vorlage korrigiert. Auf diese Weise kopiert der Reparaturmechanismus der Pflanzenzelle eine vorgegebene Mutation in das eigene Genom. Mit solchen molekularen Werkzeugen können sogar pflanzeigene Gene ausgeschaltet werden.

Es folgte die Entdeckung von CRISPR/Cas9. Diese Technik ermöglicht, an vorher definierten Stellen Mutationen vorzunehmen. Die Möglichkeiten sind hier weitreichend: Genaktivitäten können verändert, defekte Gene repariert und neue Genvarianten hergestellt werden. Diese neue Technik eröffnet wichtige Anwendungsfelder einerseits für die Pflanzenzüchtung und andererseits auch für die Humanmedizin und in der industriellen Biotechnologie.

CRISPR steht für Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats. Eine Sequenz mit sich wiederholenden DNA-Abschnitten in Bakterien, die kurze DNA-Stücke von Viren enthalten, die sie infizieren. Und Cas9 lautet der Name eines Enzyms: "CRISPR associated protein number nine. Wegen der extremen Genauigkeit, mit der hier gearbeitet werden kann, spricht man in Zusammenhang mit der neuen Technik auch von Genchirurgie.

CRISPR funktioniert anders als die bisher bekannten Systeme. Es ist eine Art bakterielles Immunsystem. Das Enzym Cas9, das mit Hilfe der sogenannten guide RNA (=Schnittmustervorlage, die beschreibt, wo genau im DNA-Faden sie schneiden soll) an seine Ziel-DNA geleitet wird, spielt die Hauptrolle. Diese RNA erkennt in Bakterien das abzuwehrende Virus, führt die genetische Schere an dessen Nukleinsäure heran und schneidet exakt an der vorgegebenen

Stelle. Die auf CRISPR fußende Technologie nutzt dieses Schneiden zusammen mit der DNA-Reparaturmaschinerie von Zellen, um Mutationen gezielt zu erzeugen oder aber – auch das ist möglich – alternative DNA-Fragmente an der Schnittstelle einzufügen.

Bei Weizen, der gegen den Mehltau-Pilz resistent gemacht wurde, konnten mit der neuen Methode beispielsweise drei Gene gleichzeitig verändert werden, was mit klassischen Methoden der Gentechnik oder Züchtung nicht möglich gewesen wäre. Zwar ist jede einzelne Genveränderung minimal und hätte in der Natur auch von selbst auftreten können. Dass allerdings alle drei Mutationen in der Natur gleichzeitig passieren, wäre ein statistisch so seltenes Ereignis, dass Züchter darauf ewig warten würden. Die Crispr-Technik kürzt den natürlichen Weg ab.

Wie bereits erwähnt: Diese neuen Genome Editing-Verfahren werden herkömmliche Züchtung und auch die „herkömmliche“ Gentechnik nicht überflüssig machen, aber bei vielen Zuchtzielen – etwa Toleranzen gegen Trockenheit und Salz, Resistenzen gegen Krankheitserreger, veränderte Inhaltsstoffe – werden sie aufgrund ihrer Präzision und Effektivität künftig im Werkzeugkasten der Pflanzenzüchter eine stärkere Rolle spielen und hier als eine Alternative zur klassischen Gentechnik fungieren. Da sie erheblich schneller und kostengünstiger sind als gentechnische Verfahren, können es sich auch kleine Unternehmen und Forschungseinrichtungen leisten, Genome Editing in der praktischen Pflanzenforschung einzusetzen. Damit wird es wieder interessant, besonders regionale Kulturarten und Merkmale zu bearbeiten und nicht nur die global angebauten Nutzpflanzen wie Mais, Soja, Reis, Raps oder Baumwolle.

Doch ob es tatsächlich dazu kommt, hängt ganz entscheidend davon ab, ob die mit den neuen Verfahren entwickelten Pflanzen als GVO angesehen werden oder nicht. Auf GVO-Pflanzen lastet eine hohe regulatorische Bürde: Teure und langwierige Zulassungsverfahren, besondere gesetzliche Auflagen und – zumindest in weiten Teilen Europas – eine überwiegend ablehnend eingestellte Gesellschaft. Gentechnische Verfahren können sich deswegen nur große multinationale Konzerne leisten

und dies auch nur bei weltweit genutzten Kulturarten und Merkmalen. Würden für Genome Editing die gleichen strengen Auflagen gelten, hätten die neuen Verfahren keine Chance in Europa. Ihr Vorteil, besonders für regionale Kulturarten und deren spezifische Ziele, neue züchterische Lösungen zu finden, bliebe ungenutzt.

Zweifelsohne ist eine angemessene Prüfung von Pflanzen, die zukünftig mittels Genome-Editing-Verfahren oder durch andere Verfahren hergestellt werden, verpflichtend. Doch sollte das technische Verfahren, das zur genetischen Anpassung eines Organismus eingesetzt wurde, grundsätzlich keine Rolle spielen. Sinnvoller ist es, die Pflanze selbst als Entscheidungsbasis für oder gegen ihren Anbau zuvor einer eingehenden Prüfung zu unterwerfen und nicht die Methode, mit der in ihr Erbgut eingegriffen wurde. Ob nämlich eine genetische Anpassung mittels chemischer, physikalischer oder biologischer Verfahren erreicht wurde, ist unerheblich. In der konventionellen Zucht neuer Pflanzensorten wurden und werden per Chemie oder Bestrahlung abertausende Pflanzenvarianten – oder genauer: verschiedenste Genotypen – erzeugt und es wurden und werden nur solche mit vorteilhaften Eigenschaften herausgesucht, vermarktet und angebaut. Chemie und Strahlen erzeugen eine weitaus größere Menge an Veränderungen im Erbgut als alle gentechnischen Verfahren – und alle diese Veränderungen sind ungezielt, oder anders gesagt: Der Züchter arbeitet nach Versuch und Irrtum. Viele der heutigen Obst- und Gemüsesorten in den Marktregalen sind so entstanden. Um es noch einmal zu statuieren: Für eine wie auch immer geartete Risikobewertung neuer Pflanzenzüchtungen müssen nur die spezifischen Eigenschaften des Produkts im Mittelpunkt stehen und nicht die Methoden, mit denen sie erzeugt wurden.

Die Grundlagenforschung an Universitäten und großen Pflanzenforschungszentren arbeitet schon seit Jahren mit den neuen Techniken. Wissenschaftler und forschende Unternehmen warten darauf, dass die Politik die rechtlichen und politischen Rahmenbedingungen absteckt – und dies Fakten und nicht Stimmungen folgend.

BAHNBRECHEND

RF-6000-FLUORESCENZ-SPEKTRALPHOTOMETER FÜR UMFANGREICHE ANWENDUNGEN/ HERVORRAGENDE ANALYSEFUNKTIONEN, VERBESSERTE BEDIENBARKEIT/ ERSTKLASSIGE FUNKTIONALITÄT

Shimadzu, weltweit eines der führenden Unternehmen in der instrumentellen Analytik, hat das RF-6000-Fluoreszenz-Spektralphotometer vorgestellt. Im Jahr des 140. Unternehmensjubiläums hat Shimadzu das Fluoreszenz-Spektralphotometer neu definiert. Stabile Analysen mit best-in-class Empfindlichkeit machen das RF-6000 zum Vorreiter. Kombiniert mit der neuen LabSolutions RF-Software bietet das RF-6000 ausgezeichnete Messgenauigkeit und eine einfache Bedienung für vielseitige Messbedürfnisse der Kunden.

Höchstquantitative Messungen

Das RF-6000 bietet die höchste Empfindlichkeit und das beste Signal-Rausch-Verhältnis (SNR) seiner Klasse (SNR ≥ 1.000 RMS und ≥ 350 Peak zu Peak). Die hohe Empfindlichkeit ermöglicht sehr niedrige Quantifizierungsgrenzen, so dass sich leicht eine Fluorescein-Quantifizierung bis zu Konzentrationen von 1×10^{-13} mol/l erreichen lässt. Zusätzlich stellt eine Funktion zur automatischen Sensitivitätsanpassung sicher, dass Messungen ohne Einfluss von Umgebungsfaktoren zuverlässig durchgeführt werden können. Im Ergebnis liefert das System genaue und hoch quantitative Messungen über einen breiten dynamischen sechsstelligen Bereich von 10^{-13} bis 10^{-7} mol/l.

Darüber hinaus wurde die Lebensdauer der Xenon-Bogenlampe wesentlich gesteigert – auf etwa 2.000 Stunden. In Verbindung mit dem erweiterten Wellenlängenmessbereich des Detektors sichert dies stabile Analysen mit hoher Genauigkeit. Zusätzlich sorgen ein größerer Probenraum, die Integration der neuen LabSolutions RF-Steuerungssoftware und eine Vielzahl von Optionen dafür, dass ein noch breiterer Bereich von Kundenbedürfnissen bedient werden kann.

Erstklassige Analysefunktionen, verbesserte Bedienbarkeit

Das RF-6000 bietet Funktionen, die zu noch genaueren Analyseergebnissen und verminderten Betriebskosten beitragen, zum Beispiel best-in-class SNR für herausragende Empfindlichkeit, Hochgeschwindigkeits-3D-Messung und eine langlebige Lichtquelle.

Durch Optimierung der Innenkonstruktion erreicht das RF-6000 ein SNR von 350:1, das höchste seiner Klasse, was hochempfindliche Analysen über einen breiten Probenbereich erlaubt. Außerdem wurde die Geschwindigkeit von 3D-Messungen deutlich gesteigert, was die Erfassung eines 3-D-Spektrums über den gesamten Wellenlängenbereich in kurzer Zeit ermöglicht. Proben in sehr geringen Konzentrationen oder in kleinsten Mengen lassen sich ebenfalls analysieren – mit Zellen für die Analyse von Mikrovolumina. Als Lichtquelle dient eine hochstabile Xenon-Bogenlampe.

Die Leuchtdauer wurde um nahezu das Vierfache auf etwa 2.000 Stunden gesteigert und hilft so, die Betriebskosten zu reduzieren.



Abbildung 1: Bahnbrechend: Das RF-6000-Fluoreszenz-Spektralphotometer mit seinen herausragenden Eigenschaften bietet exzellente Messgenauigkeit und einfache Bedienung für vielseitige Messbedürfnisse der Kunden.

1. Ein noch weiteres Anwendungsspektrum

Es ist möglich, Fluoreszenzspektren bis zu 900 nm mit der Standardkonfiguration aufzunehmen. Zusätzlich lässt sich das RF-6000 für neue Anwendungsfelder einsetzen, z.B. Messung der Quantenausbeute und -effizienz, um den Wirkungsgrad eines Leuchtstoffs zu beurteilen. Zwei weitere Beispiele sind Messungen bei niedrigen Temperaturen, um künstliche Photosynthese aufzuklären, oder die Suche nach Methoden zur Bestimmung des Ursprungsorts von Lebensmitteln.

2. Erweiterungen in der Bedienung, neue Steuerungssoftware

Durch Integration der neuen LabSolutions RF-Steuerungssoftware ist es nun einfacher, ein integriertes Analysesystem aufzubauen und den Gerätestatus genau zu ermitteln, z.B. durch eine konstante Überwachung der Leuchtdauerabnahme der Lampe, Erkennung des Zustands optionaler Baugruppen oder des Betriebszustands des Zubehörs. Das erhöht die Transparenz und somit das Vertrauen beim Geräteinsatz. Da das RF-6000 zudem standardmäßig mit einer Funktionalität ausgestattet ist, die eine Echtzeiterfassung von korrigierten Spektren gestattet, lassen sich sogar genauere Vergleiche mit Spektren durchführen, die durch andere Analysegeräte erfasst wurden.

Web-Zusammenfassung

Das neue RF-6000-Fluoreszenz-Spektralphotometer von Shimadzu steht für stabile Analysen mit best-in-class Empfindlichkeit. Kombiniert mit der neuen LabSolutions RF-Software bietet das RF-6000 exzellente Messgenauigkeit und einfache Bedienung für vielseitige Messbedürfnisse der Kunden. Das RF-6000 stellt Funktionen bereit, die zu noch genaueren Analyseergebnissen bei reduzierten Betriebskosten beitragen. Herausragende Empfindlichkeit und Hochgeschwindigkeits-3D-Messungen erweitern das umfangreiche Anwendungsspektrum.

Web link: www.shimadzu.de/rf-6000