

## **.Fallbeispiel : Transgene dürre- und salztolerante Pflanzen**

*Zusammenfassung und Ergänzung der Gentechnik-Nachrichten Spezial 15, „Transgene dürre- und salztolerante Pflanzen“, Öko-Institut eV., Deutschland, Feb. 2004 (www.oeko.de)*

Florianne Koechlin, [www.blauen-institut.ch](http://www.blauen-institut.ch)

Ein gängiges Argument der Agroindustrie heisst, dass mit Hilfe von Gentechnik Pflanzen hergestellt werden können, die dürre- und salzresistent sind. Das sei ein wichtiger Beitrag gegen den Hunger.

Grosse Hoffnung oder falsches Versprechen? Das soll im Folgenden untersucht werden.

Es gibt bereits Pflanzen, die Wassermangel oder erhöhte Salzkonzentrationen ertragen. Solche Pflanzen haben viele Anpassungsstrategien: Sie verfügen über ein tiefes Wurzelsystem; ihre oberirdischen Pflanzenteile sind mit einer dünnen Wachsschicht (Cutinschicht) geschützt; sie schliessen die Spaltöffnungen auf der Blattunterseite auch am Tag, so dass weniger Wasser verdunstet; sie speichern Wasser in ihrem Gewebe etc. Pflanzen mit einer hohen Salztoleranz können den Salzgehalt in den Zellen erhöhen, so dass zwischen „innen“ und „ausen“ ein Gleichgewicht besteht, oder sie scheiden das Salz über spezielle Drüsen aus. Diese Eigenschaften beruhen meist einer Vielzahl von Genen und komplexen Regulationsmechanismen.

### **Einige ausgewählte Forschungsaktivitäten zu transgenen dürre- und salztoleranten Pflanzen**

Die Stresstoleranz bei Pflanzen beruht in der Regel auf einem Zusammenspiel eines ganzen Netzwerks von unterschiedlichen Genen. Die meisten der bisherigen gentechnischen Forschungsansätze setzen jeweils an einzelnen Komponenten dieser komplexen Eigenschaften an. Einige Beispiele:

#### **Osmoprotektoren**

Das sind Proteine, die osmotisch wirksame Eigenschaften haben und dadurch die Pflanze vor Austrocknung schützen. Dazu gehören Glycin Betain, Mannitol, Trehalose und Fructane. Bei einigen Versuchen konnte gezeigt werden, dass transgene Pflanzen mit einem Gen zur Produktion eines Osmoprotektors eine erhöhte Dürre- oder Salztoleranz zeigen.

#### **Schutzfaktoren der Makromoleküle**

Sogenannte LEA-Proteine (late embryogenesis abundant proteins) und Chaperone (Proteine, die bei Hitzestress gebildet werden) schützen grosse Moleküle (zB Enzymen, Lipiden und mRNA) vor Austrocknung. Durch die Übertragung eines LEA-Protein Gens in Reis konnte eine erhöhte Toleranz gegen über Wassermangel und Salz erreicht werden.

#### **Proteine der Zellmembran**

Kanalproteine und andere Transportproteine in der Zellwand regeln den Wasserdruck der Pflanzenzellen (osmotischer Druck). US Forscher Eduardo Blumwald hat ein Protein der Zellmembran (sog. AtNHX1) bei Tomaten untersucht und dessen Expression gentechnisch gesteigert. So konnte eine erhöhte Salztoleranz erreicht werden. Die transgenen Tomaten können das Salz in den Zellvakuolen der Blätter speichern, während die Salzkonzentration der Früchte niedrig bleibt.

#### **Detoxifikationsenzyme**

Hitze oder Wassermangel führen in den Pflanzenzellen zur Produktion von toxischen reaktiven Sauerstoffverbindungen. Verschiedene Enzyme sind an der Beseitigung dieser Toxine beteiligt. An der Universität in Bonn wurde ein Gen entdeckt, das für ein

Detoxifikationsenzym kodiert. In weiteren Freilandversuchen wurden transgene Baumwollpflanzen mit dem Gen für die Produktion des Enzyms Ascorbatperoxidase (APX) getestet. Auf trockenen Standorten zeigten die transgenen Pflanzen gegen über den herkömmlichen Pflanzen deutlich höhere Erträge.

### **Transkriptionsfaktoren**

Transkriptionsfaktoren spielen bei der Regulierung der DNA eine Rolle. Bei Tomaten wurden etwa 20 Erbanlagen für solche Hitzestress-Transkriptionsfaktoren gefunden. Dies bedeutet, dass die Antwort auf schädliche Umwelteinflüsse über ein ausserordentlich feines Regelwerk gesteuert wird. Solch ein Regelwerk bedingt eine übergeordnete Koordination.

## **Einige ausgewählte Forschungsaktivitäten zu dürre- und salztoleranten Pflanzen – ohne Gentechnik**

Weltweit existiert eine Vielzahl von so genannten Landsorten (farmers' varieties) die einen hohen Grad an Toleranz gegen ungünstige Umweltbedingungen wie Wassermangel oder versalzten Böden aufweisen. Sie wurden von indigenen Bauern und Bäuerinnen über Jahrhunderte gezüchtet. Obwohl im Zuge der Intensivierung der Landwirtschaft und der Grünen Revolution unzählige Sorten verloren gingen, gibt es immer noch viele wertvolle Sorten in der Landwirtschaft und in Saatgutbanken.

Neue Züchtungsverfahren haben in den letzten Jahren zusätzliche grosse Fortschritte erbracht. Dabei wurde das grosse molekularbiologische Wissen um Pflanzengenome genutzt, etwa zur Entwicklung molekularer Markertechnologien: Pflanzen werden auf klassische Weise gezüchtet und mit genetischen Markern auf bestimmte Eigenschaften getestet. Markertechnologien erlauben eine zielgerichtete Identifikation von erwünschten Charaktereigenschaften des Kreuzungsmaterials; erwartet wird auch eine Beschleunigung der Züchtungsarbeit. Transgene Pflanzen entstehen dabei keine.

Die indische Research Foundation for Science, Technology and Natural Resource Policy hat ein **Sortenregister** von dürre- und salztoleranten Reissorten in Indien erstellt. Allein im kleinen indischen Bundesstaat West Bengalen gibt es gemäss dem Register 78 Reissorten, die an trockene Bedingungen angepasst sind. Auch salztolerante Reissorten sind noch in vielen Regionen Indiens weit verbreitet.

WissenschaftlerInnen des Nationalen Forschungszentrums für Gentechnik in Bangkok haben bei einer Überprüfung einer thailändischen **Saatgutbank** mit rund 7.000 indigenen Reissorten vier Reissorten gefunden, die in 2 –3 % Salzlösung überleben. Das entspricht fast dem Salzgehalt von Meerwasser. Sie werden weiter selektioniert.

2001 hat das Südafrikanische Landwirtschaftsministerium eine neue **Maissorte (ZM521)** zugelassen, die unter trockenen Bedingungen bis zu 50% höhere Erträge erbringt, als die in Südafrika von Kleinbauern traditionell angebauten Sorten. **Die Maissorte ZM521 wird kommerziell angeboten.**

In Australien wurde eine neue **Weizensorte mit hoher Wassereffizienz** gezüchtet. Die Sorte besitzt auch einen hohen Grad an Widerstandsfähigkeit gegen über allen wichtigen Getreidekrankheiten und liefert eine gute Qualität des Erntegutes. Diese neue Sorte mit den Namen Drysdale semi-dwarf wurde mit einer neuen Züchtungsmethode geschaffen. **Drysdale wird kommerziell angeboten.**

In Indien hat das ICRISAT Kichererbsensorten gezüchtet, die in **nur 85-100 Tagen reifen**. Dadurch sind sie nicht von der in Indien jährlich eintretenden Dürre am Ende der Ackerbausaison betroffen.

**Präexposition:** Verschiedene Untersuchungen haben gezeigt, dass Pflanzen in normalerweise letalen Salzkonzentrationen und in Dürre überleben können, wenn ihre Wurzeln zu Beginn des Wachstums niedrigen Konzentrationen von Salz oder Trockenheit ausgesetzt wurden. Die Pflanzen „lernen“, mit diesen Konditionen umzugehen.

## Schlussbemerkung

Dürre- und Salztoleranz sind komplex gesteuerte Eigenschaften von Pflanzen, an denen viele verschiedene Gene beteiligt sind. Ob transgene Pflanzen in Zukunft einen grossen Beitrag zur Bekämpfung von Hunger leisten können, ist aufgrund des monokausalen Ansatzes höchst fragwürdig.

Es wurden bereits transgene dürre- und salztolerante Pflanzen entwickelt, doch es gibt noch keine anbaufähigen Sorten. Die meisten Versuchsergebnisse beruhen auf Untersuchungen im Gewächshaus. Einige wenige transgene Pflanzen werden im Freiland getestet.

Auch bei klassischen Züchtungsmethoden ist es schwierig, nur einzelne Merkmale der Pflanzen zu verändern. Doch durch jahrhundertlange Züchtungsarbeit ist bereits eine Vielzahl von Landsorten entwickelt worden, die die gewünschten Eigenschaften in regional angepassten Varietäten aufweisen. Mit modernen Züchtungsmethoden konnten zudem signifikante Ertragssteigerungen erzielt werden. Da sind Erfolge wahrscheinlicher. **Neue dürre- und salztolerante Sorten sind bereits auf dem Markt.**

## Literatur

(ausführliche Liste s. Gentechnik-Nachrichten Spezial 15, „Transgene dürre- und salztolerante Pflanzen“, Öko-Institut e.V., Deutschland, Feb. 2004 ([www.oeko.de](http://www.oeko.de)))

- AMZALLAG G.N., LERNER H.R., POLJAKOFF-MAYBER A. (1990) Induction of Increased Salt Tolerance in Sorghum bicolor by NaCl Pretreatment. J.of Exp.Botany, 41, 222, S.29
- DATTA, S. K. (2002). Recent developments in transgenics for abiotic stress tolerance in rice. JIRCAS Working Report 2002.
- HANSON, A. D. (1998). Metabolic Engineering of Crops for Drought and Salt Tolerance. NRI research highlights, United States Department of Agriculture.
- HOLMBERG, N. & BUELOW, L. (1998). Improving stress tolerance by gene transfer. Trends in plant science 3 (2).
- HU, Z.-M. (2003). Salt tolerance transferred from wild triticeae species into wheat. ISB news report, February 2003
- INOCENCIO, A.; SALLY, H.; MERREY, D. J. (2003). Innovative approaches to agricultural water use for improving food security in sub-saharan Africa. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.
- KRISHNA, P. J. (2002). Enhanced resistance to water deficit stress in transgenic tomatoes. ISB News Report, December 2002.
- LEWIS, R. (2002). Using transgenesis to create salt-tolerant plants. The Scientist, march 2002
- MISHRA, S. (2002). Genetically engineered rice? Take a look at farmers` varieties. Hindustan Times, India, December 12.
- MOFFAT, A. S. (2002). Finding new ways to protect drought-stricken plants. Science Magazine, May 2002.
- N.N. (2002B). Agnet Mitteilung, Stand 4. Januar.  
<http://www.plant.uoguelph.ca/safefood/archives/agnet-archives.htm>
- NULTSCH, W. (2001). Allgemeine Botanik. 11. Auflage. Georg Thieme Verlag, Stuttgart.
- WANDTNER, R. (2002). Stressbewältigung bei Tomaten. FAZ, 15. Juli, Nr. 136, S. 48, Feuilleton.

- PILON-SMITH, E.; EBSKAMP, M.; PAUL, M.; JEUKEN, M.; WEISBEEK, P.  
 SMEEKENS, S. (1995). Improved Performance of Transgenic Fructan-Accumulating Tobacco under Drought Stress. *Plant Physiology* 107.
- POTTHOF, C. (2003). schriftliche Mitteilung. Gen-ethisches Netzwerk, Berlin.
- SCHMITZ, G. & SCHUETTE, G. (2000). Plants resistant against abiotic stress. University of Hamburg
- STRASBURGER, E. (2002). Lehrbuch der Botanik. 35. Aufl., Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin.
- WU, R. & GARG, A. (2003). Engineering rice plants with trehalose-producing genes improves tolerance to drought, salt and low temperature. *ISB News Report*, February 2003.
- XU, D. ET AL. (1996). Expression of a late embryogenesis abundant protein gene, HVA1, from barley confers tolerance to water deficit and salt stress in transgenic rice. *Plant Physiology* 110.
- YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K.; KASUGA, M.; LIU, Q.; NAKASHIMA, K.; SAKUMA, Y.; ABE, H.; SHINWARI, Z. K.; SEKI, M.; SHINOZAKI, K. (2002). Biological mechanisms of drought stress response. *JIRCAS Working Report* 2002.
- ZHANG, H.-X. & BLUMWALD, E. (2001). Transgenic salt-tolerant tomato plants accumulate salt in foliage but not in fruit. *Nature Biotechnology* 19.
- ZHONG, G.Y. & DVORAK J. (1995), *Theor. Appl. Genet* 90, S. 229.