

# Roundup Ready® - Zuckerrübe H7-1

Herbizidtoleranz

## Profil



Monsanto - KWS SAAT AG  
April 2007

# Roundup Ready® – Zuckerrübe H7-1

## Die Bedeutung der Zuckerrübe

Zuckerrüben (*Beta vulgaris* L.) sind neben dem Zuckerrohr die Hauptquelle für Saccharose, besser bekannt als „Kristallzucker“. 30% der heutigen Zuckerproduktion stammen aus Zuckerrüben. Neben Zucker werden aus Zuckerrüben vor allem Melasse und Rübenschnitzel hergestellt.

Die Art *Beta vulgaris* umfasst Mangold, Rote Bete, Zucker-, und Futterrüben. Geschichtlich wurde diese erstmals im Jahre 420 v. Chr. erwähnt: Verschiedene Arten wurden als Gartengemüse im Küstenbereich des Mittelmeers angebaut. Bis zum Ende des 15. Jahrhunderts erfolgte die Verbreitung in ganz Europa. Erst in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts wurde damit begonnen, die Rübe zur Zuckerproduktion anzubauen (Cooke & Scott, 1993). Seit dem Ende des 19. Jahrhunderts wurde die Zuckerrübe auch erfolgreich in den USA kultiviert.

2005 wurden weltweit 5,4 Millionen Hektar Zuckerrüben angebaut (<http://faostat.fao.org/>). Hauptanbauggebiete sind die EU (40%), die Russische Föderation (14%) und die USA (9%). Im Jahr 2005 lag die Anbaufläche in der EU-25 bei annähernd 2 Millionen Hektar, davon wurden 19% in Deutschland und 17% in Frankreich angebaut. Da das Angebot an Zucker deutlich die Nachfrage in der EU übersteigt, ist die EU der weltweit größte Exporteur von Zucker.

## Die Entwicklung einer herbizidtoleranten Zuckerrübe

Die Zuckerrübe entwickelt sich in ihrer Jugend (etwa bis zum 8-Blatt-Stadium) sehr langsam. Daher bieten sich gute Entwicklungsmöglichkeiten für Unkräuter und Ungräser. Diese konkurrieren mit der Zuckerrübe sehr stark um Wasser, Nährstoffe und Licht. Um diese Konkurrenzsituation zu vermeiden, beginnt die Unkrautbekämpfung im Vegetationsverlauf sehr früh (im Vor- oder frühen Nachlauf). Hierzu werden sowohl chemische als auch mechanische Verfahren der Unkrautbekämpfung genutzt (die Einhaltung von Fruchtfolgen versteht sich von selbst).

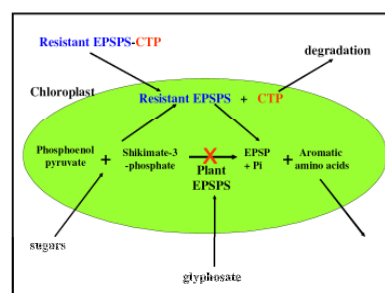
Seit Mitte der 90er werden herbizidtolerante Kulturpflanzen vermarktet. Sie sind die Antwort auf die Anforderungen der Landwirte nach einer einfacheren, effizienteren und umweltfreundlicheren Unkrautbekämpfung. Herbizidtolerante Pflanzen wurden entwickelt, um eine flexiblere Unkrautbekämpfung mit einer geringeren Aufwandmenge an Pflanzenschutzmitteln zu ermöglichen. Gentechnisch veränderte Zuckerrüben, die gegenüber dem Wirkstoff Glyphosat tolerant sind, wurden von KWS und Monsanto zu Beginn der 90er Jahre entwickelt.

## Roundup Ready®-Zuckerrübe H7-1: Was wurde verändert?

Pflanzen der Roundup Ready®-Zuckerrübe H7-1 (im Nachfolgenden auch H7-1 genannt) sind gentechnisch so verändert, dass sie gegenüber dem Wirkstoff Glyphosat (im Herbizid Roundup® enthalten) tolerant sind. Damit wird Unkrautbekämpfung während der gesamten Vegetation möglich.

Glyphosat ist ein Breitbandwirkstoff, der das Protein (Enzym) „5-enolpyruvylshikimate-3-phosphat synthase“ (EPSPS) in den grünen Pflanzenteilen blockiert. Dieses Protein, das in allen Pflanzen vorkommt, wird zur Produktion von aromatischen Aminosäuren benötigt. Wird nun EPSPS durch das Glyphosat blockiert, so wird die Produktion dieser Aminosäuren gehemmt und damit das Wachstum der Pflanzen verhindert, was letztlich zum Absterben der Pflanzen führt (Alibhai & Stalling, 2001).

H7-1 produziert ein EPSPS-Protein, das gegenüber Glyphosat tolerant ist, und damit die kontinuierliche Produktion der aromatischen Aminosäuren gewährleistet – auch wenn die Pflanzen mit dem Herbizid behandelt werden. (Abb. 1)



EPSPS: 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase, CTP: chloroplast transport peptide

Abbildung 1: Wirkungsweise des Glyphosat-toleranten EPSPS-Proteins

## Was ist H7-1?

H7-1 enthält das cp4 epsps-Gen, welches an einer spezifischen Stelle im Zuckerrüben-genom integriert ist und das CP4 EPSPS-Protein aus dem CP4 Bakterienstamm des Bodenbakteriums *Agrobacterium* sp. produziert. Die DNA-Sequenz, die für dieses Protein codiert, wurde mittels Agrobakterien-Transformation in die Zuckerrübe eingebracht.

## Überblick über den Anbau und Zulassungsstatus der Roundup Ready®-Zuckerrübe

Bisher wurden noch keine H7-1 Zuckerrüben kommerziell angebaut. Die kommerzielle Vermarktung von H7-1 beginnt in den USA und in Kanada. Basis hierfür ist ein breiter Konsens zwischen allen Beteiligten der amerikanischen und kanadischen Zuckerindustrie. Die Genehmigung der Roundup Ready®-Zuckerrübe in den wichtigsten Exportländern ist eine wichtige Voraussetzung für den Vertrieb dieser Zuckerrüben in den USA und in Kanada (siehe Tab. 1).

Tabelle 1: Zulassungsstatus von H7-1 in den einzelnen Ländern (Stand: Dez. 06)

Land	Status
USA	Anbau
Kanada	Anbau
Australien	Import
Japan	Import
Mexiko	Import
Philippinen	Import
Korea	Import

### Die Gesetzgebung zur Zulassung von gentechnisch veränderten Pflanzen in der EU

Das Zulassungsverfahren für gentechnisch veränderte Pflanzen umfasst in der EU mehrere Verordnungen und Richtlinien. Hierzu zählen auch „2001/18/EC“ für die Freisetzung und „VO Nr. 1829/2003“ für den Import zur Verwendung als Futter- und Lebensmittel von gentechnisch veränderten Organismen.

Des Weiteren greift die Verordnung zur Rückverfolgbarkeit und Kennzeichnung von GVOs und von Produkten, die GVOs enthalten (VO Nr. 1830/2003), die am 18.4.2004 in Kraft trat.

### Zulassungsstatus der Roundup Ready®-Zuckerrübe H7-1 und daraus hergestellten Produkten in der EU

Futter- und Lebensmittel

Im November 2004 haben KWS und Monsanto die Genehmigung von H7-1 als Futter- und Lebensmittel basierend auf der Verordnung Nr. 1829/2003 beantragt. Dieser Antrag beinhaltet nicht die Genehmigung zum Anbau von H7-1 in der EU.

Die EFSA hat den Antrag geprüft und am 14.12.2006 eine positive Bewertung auf wissenschaftlicher Basis vorgenommen: „Produkte, die aus H7-1 hergestellt sind, haben im Rahmen ihrer beabsichtigten Nutzung keine negativen Auswirkungen auf die menschliche oder tierische Gesundheit sowie auf die Umwelt“.

([http://www.efsa.europa.eu/en/science/gmo/gmo\\_opinions/gmo\\_op\\_ej431\\_sugar\\_beet\\_h-1.html](http://www.efsa.europa.eu/en/science/gmo/gmo_opinions/gmo_op_ej431_sugar_beet_h-1.html))

Die eventspezifische Methode zur Quantifizierung von H7-1 mittels PCR wurde vom Joint Research Centre (JCR) bestätigt. (<http://gmo-crl.jrc.it/statusofdoss.htm>)

Die von der EFSA erstellte „Overall Opinion“ erfüllt die Voraussetzungen der Artikel 6 und 18 der Verordnung Nr. 1829/2003, um H7-1 in den Verkehr zu bringen. Sie wurde am 20.12.2006 veröffentlicht.

([http://www.efsa.europa.eu/en/science/gmo/gmo\\_applications/more\\_info/741.html](http://www.efsa.europa.eu/en/science/gmo/gmo_applications/more_info/741.html))

### Sicherheit der Roundup Ready®-Zuckerrübe H7-1 für die Futter- und Lebensmittelherstellung

Die Sicherheit von H7-1 als Lebensmittel basiert auf

- der Wirkungsweise von CP4 EPSPS und seiner Übereinstimmung mit EPSPS Proteinen, die in vielen Pflanzen vorhanden sind, auch solchen, die als Lebensmittel genutzt werden,
- dem geringen Vorkommen des CP4 EPSPS Proteins in der Nahrung,
- der schnellen Verdaulichkeit von CP4 EPSPS,
- der fehlenden Toxizität und Allergie-auslösenden Wirkung von EPSPS,
- der fehlenden Toxizität und Allergie-auslösenden Wirkung von CP4 EPSPS (nachgewiesen mittels Bioinformatik sowohl in „in vitro“- als auch in „in vivo“- Sicherheitsstudien),
- Nahrungsmittelstudien mit Vertebraten (= Säugetieren, Amphibien, etc.), deren Futterrationen aus Lebensmitteln bestanden, die H7-1 enthielten.

H7-1 wurde als ebenso sicher und ernährungsphysiologisch wertvoll eingestuft wie konventionelle Zuckerrüben. Dieses Ergebnis basiert sowohl auf Inhaltsstoffanalysen (Eiweiß, Fett, Kohlenhydrate, Aminosäuren, Fettsäuren und Mineralstoffe) als auch auf einer Fütterungsstudie mit Vertebraten.

### Zucker = Zucker

Unabhängige wissenschaftliche Untersuchungen haben gezeigt, dass Zucker aus H7-1 mit dem Zucker aus konventionellen Zuckerrüben identisch ist.

Wie bei Zucker üblich, ist weder Protein (auch das Protein, das die Glyphosatoleranz bewirkt) noch DNA im Zucker aus H7-1 nachweisbar.

Daher ist Zucker gleich Zucker (ob aus Zuckerrohr, konventioneller oder H7-1 Zuckerrübe). Der Zucker hat den gleichen ernährungsphysiologischen Wert, die gleiche Zusammensetzung und damit die gleiche Wirkung auf die Gesundheit – unabhängig von der Zuckerquelle.

### Die Vorteile von Roundup Ready®-Zuckerrüben

In den Ländern, in denen H7-1 angebaut werden wird, werden sowohl die Landwirte als auch die Umwelt davon profitieren:

- Es gibt die Möglichkeit, das Unkraut mittels eines Breitbandherbizids zu kontrollieren, wobei man an Einfachheit und Flexibilität bei der Ausbringung gewinnt (Petersen & Röver, 2005).

- Im Produktionssystem verringert sich die Anzahl und die Aufwandmenge der eingesetzten Herbizide (Gianessi, 2005; Philipps & Park, 2002). Man kann davon ausgehen, dass 31-71% der Landwirte (Mittel: 56%) etwa 22-32% (Mittel: 28%) des Herbizidaufwands (aktive Substanz) in Deutschland, Frankreich, Großbritannien, den Niederlanden, Spanien und in Belgien einsparen werden (Coyette et al., 2002).
- Im Vergleich zum Anbau von konventionellen Zuckerrüben ergeben sich Möglichkeiten zur Steigerung der Rentabilität:
  - D: den Haupteinfluss auf die Steigerung der Rentabilität wird die Reduzierung des Herbizideinsatzes haben (Dietsch & Märländer, 2002).
  - PL: die durchschnittlichen Erlöse je Hektar werden um € 184 bis € 362 steigen (65% der Landwirte nutzen das System; Brookes & Aniol, 2005).
  - UK: im Durchschnitt werden £ 150 je Hektar an Einsparung erwartet. £ 80 daraus stammen aus einem verringerten Einsatz von Pflanzenschutzmitteln (100% der Landwirte nutzen das System; May, 2003).
  - H: erwartet wird ein Zugewinn von € 1,5 Millionen für die ungarische Landwirtschaft (100% der Landwirte nutzen das System; Demont et al., 2005).
- Die Möglichkeit, mehrere selektive Herbizide durch ein einziges Breitbandherbizid zu ersetzen, bietet Vorteile für die menschliche Gesundheit und die Umwelt. Der Wirkstoff ist leicht abbaubar und hat eine geringe Mobilität, da er schnell an die Bodenpartikel bindet. Das Mittel ist für den Menschen nur wenig toxisch. Des Weiteren reichert es sich nicht an und stellt nur ein minimales Risiko für Boden- und Wasserlebewesen inklusive Fische, Vögel, Säugetiere und wirbellose Tiere dar (Giesy et al., 2000; Willians et al., 2000).
- H7-1 eignet sich hervorragend zur Anwendung der Minimalbodenbearbeitung und dem Einsatz winterharter Zwischenfrüchte, da diese einfach mit Glyphosat zu kontrollieren sind. Beide genannten Systeme haben Vorteile für die Umwelt (Reduzierung der Nitratauswaschung, Verbesserung der Bodenstruktur und Wasserqualität, Verringerung der Erosion, Verbesserung der tierischen Lebensräume sowie Reduzierung des Dieselverbrauchs und der CO<sub>2</sub>-Emission) (Bricklemeyer et al., 2005; Bennett et al., 2006; Petersen & Röver, 2005).
- H7-1 bietet erhebliche zeitliche Flexibilität bei der Herbizidanwendung und eröffnet zudem die Möglichkeit, die Biodiversität am Acker sowie im Lebensraum Acker für verschiedene Arten in der Vegetationsperiode zu erhalten (Elmegaard & Pedersen, 2001; Strandberg & Pederson, 2002, May et al., 2004).

#### Literature cited

- Alibhai M.F. and Stallings W.C. (2001). Closing down on glyphosate inhibition - with a new structure for drug discovery. Proceedings of the National Academy of Science USA 98(6): 2944-2946.
- Bennett R., Phipps R., Strange A., and Grey P. (2004). Environmental and human health impacts of growing genetically modified herbicide-tolerant sugar beet: a life-cycle assessment. Plant Biotechnology Journal 2: 273-278.
- Bennett R., Phipps R., and Strange A. (2006). An application of life-cycle assessment for environmental planning and management: the potential environmental and human health impacts of growing genetically modified herbicide-tolerant sugar beet. Journal of Environmental Planning and Management 49(1): 59-74.
- Bricklemeyer R.S., Lawrence R.L., Miller P.R., and Battogtokh N. (2006). Predicting tillage practices and agricultural soil disturbance in north central Montana with Landsat imagery. Agriculture, Ecosystem and Environment 114: 210-216.
- Brookes G. and Aniol A. (2005). The farm level impact of using GM agronomic traits in Polish arable crops. <http://croplife.intraspin.com/BioTech/pdf.asp?id=167&filename=189Poland.pdf>
- Cooke, D.A. and Scott, R.K. (1993). The sugar beet crop. Chapman & Hall, UK.
- Coyette B., Tencalla F., Fichet Y., and Rouchouze D. (2002). Effect of introducing glyphosate-tolerant sugar beet on pesticide usage in Europe. Pesticide Outlook (October 2002): 219-223.
- Demont M., Tollens E., and Fogarasi J. (2005). Potential impact of biotechnology in Eastern Europe: transgenic maize, sugar beet and oilseed rape in Hungary. <http://www.agr.kuleuven.ac.be/aee/clo/wp/demont2005a.pdf>.
- Dietsch A. and Märländer B. (2002). Aspects to the profitability of growing genetically modified herbicide tolerant sugar beet varieties. Proceedings of the 65th International Institute for Beet Research (IIRB) Congress, February 2002, Brussels, Belgium.
- Elmegaard N. and Pedersen M.B. (2001). Flora and fauna in Roundup tolerant fodder beet fields. Danish National Environmental Research Institute Technical Report, No. 349.

- Gianessi L. (2005). Economic and herbicide use impacts of glyphosate-resistant crops. *Pest Management Science* 61(3): 241-245.
- Giesy J.P., Dobson S. and Solomon K.R. (2000). Ecotoxicological risk assessment for Roundup® herbicide. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* 167: 35-120.
- May M.J. (2003). Economic consequences for UK farmers of growing GM herbicide tolerant sugar beet. *Annals of Applied Biology* 142: 41-48.
- May M.J., Champion G.T., Dewar A.M., Qi A., and Pidgeon J.D. (2004). Management of genetically modified herbicide tolerant sugar beet for spring and autumn environmental benefits. *Proceedings of the Royal Society B* 272: 111 -119.
- Petersen, J. and Röver, A. (2005). Comparison of sugar beet cropping systems with dead and living mulch using a glyphosate-resistant hybrid. *Journal of Agronomy and Crop Science* 191: 55-63.
- Phipps, R.H. and Park, J.R. (2002). Environmental benefits of genetically modified crops: global and European perspectives on their ability to reduce pesticide use. *Journal of Animal and Feed Sciences* 11: 1-18.
- Strandberg B. and Pedersen M.B. (2002). Biodiversity in glyphosate tolerant fodder beet fields. Danish National Environmental Research Institute Technical Report, No. 410.
- Williams G.M., Kroes R., and Munro I.C. (2000). Safety evaluation and risk assessment of the herbicide Roundup and its active ingredient, glyphosate, for humans. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 31: 117-165.