

Weizenzüchtung auf Stein- und Zwergsteinbrandresistenz - markergestützt?

Wheat breeding for common and dwarf bunt resistance - Marker assisted selection?

Veronika Dumalaso^{1*} und Pavel Bartoš

Abstract

Resistance of wheat to common bunt was tested in the Czech Republic in field trials using seeds inoculated with bunt teliospores. Two cultivars, Globus and Bill, displayed a high resistance to common bunt. The average percentage of bunted ears from 2004-2009 was 2.7% for Globus and 7.2% for Bill, whereas it was 59.7% for check cv. Batis. Low common bunt incidence (0-10%) was also recorded in various cultivars of foreign origin, i.e. Bold, Bussard, Cardos, Euris, Magnifik, Mikon, Quebon, Ramiro, Stava, SW51136, Tjelvar, Tommi and Trintella. Of 15 lines with *Bt* genes only *Bt1*, *Bt2*, *Bt3* and *Bt7* were susceptible to Czech common bunt isolates. Globus and Bill displayed also a higher level of resistance to dwarf bunt but it was unsatisfactory in case of a high dwarf bunt contamination of the soil. In such a soil resistance genes *Bt8*, *Bt9*, *Bt10*, *Bt11*, *Bt12* and *Bt13* % were effective (<1% bunted ears).

Keywords

Resistance breeding, *Tilletia caries*, *T. controversa*, *T. tritici*, *Triticum aestivum*

Einleitung

In den letzten Jahrzehnten hat sich Steinbrand sowie Zwergsteinbrand im Zusammenhang mit beschränkter Saatgutbeizung in mehreren Staaten verbreitet. Neben einer Beizung kann Steinbrand sowie Zwergsteinbrand auch durch Resistenzzüchtung bekämpft werden, wie Beispiele aus mehreren Ländern zeigen. In Kanada und den USA hat die Resistenzzüchtung und der Anbau resistenter Weizensorten die durch Stein- und Zwergsteinbrand verursachten Schaden fast beseitigt. In Schweden wurden zum Beispiel die Sorten Tjelvar und Stava gezüchtet, die in Untersuchungen mehrerer europäischer Staaten eine hohe Steinbrandresistenz aufgewiesen haben.

Material und Methoden

Für die Resistenzprüfung wurde Saatgut mit Steinbrandsporen inokuliert. Das Inokulum stammte von mehreren Orten in der Tschechischen Republik und enthielt beide Steinbrandarten *Tilletia tritici* (Bjerk.) Wint. und *T. laevis* Kühn.

Die Samen wurden mit den Sporen (0.1g Sporen für 250 Samen) eine Minute geschüttelt. Die Feldversuche hatten 4 Wiederholungen (1 m lange Reihen, 0.2 m Abstand zwischen den Reihen). Das Saatgut der tschechischen Sorten stammte aus dem Zentralinstitut für Kontrolle und Prüfung in der Landwirtschaft, das Saatgut der ausländischen Sorten aus der Genbank des Forschungsinstitutes für Pflanzenproduktion, Praha-Ruzyně. Die Virulenz der Steinbrand- sowie Zwergsteinbrandpopulation wurde mit Hilfe eines Differentialsortiments von 13 Linien mit den einzelnen, unterschiedlichen *Bt* Genen ermittelt. Für den Steinbrandtest wurde das Saatgut inokuliert, für den Zwergsteinbrandtest wurde der Boden mit Sporen verseucht.

Ergebnisse und Diskussion

Steinbrandresistenz

Obwohl die meisten der in der Tschechischen Republik registrierten Weizensorten anfällig gegenüber Steinbrand sind (DUMALASOVÁ und BARTOŠ 2006, 2007, 2009), gibt es zwei Sorten, Globus und Bill, die eine relativ hohe Resistenz zeigen (Tabelle 1). Globus wurde von der Firma Nordsaat Saatzucht GmbH gezüchtet und stammt aus der Kreuzung Ralf/Astron//Haven. Dieselbe Herkunft hat angeblich auch die Sorte Tommi, die in Deutschland als resistent gegenüber Steinbrand gilt. Die Sorte Quebon von derselben Firma zeigt ebenfalls eine hohe Steinbrandresistenz. Bei der dänischen Sorte Bill handelt es sich um eine Dihaploide eines Multicross.

Mehrere ausländische Sorten hatten in unseren Versuchen eine relativ hohe Steinbrandresistenz gezeigt. Einen Befall von 0-10% brandiger Ähren zeigten die Sorten Bold, Bussard, Cardos, Euris, Magnifik, Mikon, Quebon, Ramiro, SW

Tabelle 1: Steinbrandbefall ausgewählter Weizensorten in den Jahren 2004 bis 2009

Table 1: Common bunt infection (% bunted ears) of selected wheat cultivars in 2004-2009

Sorte	Jahr - Befallene Ähren (%)					
	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Globus	0.9	0.0	0.9	5.6	4.6	2.4
Bill	10.4	0.1	8.0	10.6	6.0	7.0
Batis	83.9	56.9	54.7	59.1	37.2	58.4

¹ Crop Research Institute, Drnovská 507, CZ-16106, PRAHA

* Ansprechpartner: Veronika DUMALASOVÁ, dumalaso@yurv.cz

51136, Tjelvar, Tommi und Trintella. Einen Befall von 10-20% die Sorten Brutus, Lars, Malto und Tarso. Die meisten dieser Sorten haben auch in deutschen Versuchen eine hohe Steinbrandresistenz gezeigt (WÄCHTER et al. 2007). In der Tschechischen Republik wurde eine Virulenz hinsichtlich der Gene *Bt1*, *Bt2*, *Bt3* und *Bt7* gefunden, in Deutschland zu denselben Genen, sowie weiters zu den Genen *Bt9*, *Bt13* und *Bt15* (KOCH und SPIESS 2006).

Zwergsteinbrandresistenz

Unter den in der Tschechischen Republik registrierten Weizensorten gibt es keine Sorte die gegenüber Zwergsteinbrand resistent ist. Der Zwergsteinbrandbefall der gegenüber Steinbrandbefall resistenten Sorten Globus und Bill sind in *Tabelle 2* zusammengefasst. Die gute Resistenz der Sorte Bill wurde von VÁNOVÁ et al. (2006) beschrieben.

Obwohl Globus und Bill eine höhere Resistenz als die anfällige Kontrolle gezeigt haben, ist diese Resistenz auf mit Zwergsteinbrand verseuchten Böden ungenügend. In Deutschland waren Sorten die Steinbrandresistenz zeigten auch mit Zwergsteinbrand weniger befallen (Stava, Magnifik, SW51136, Tommi). Im Vergleich zur anfälligen Sorte Jubilar waren auch Ataro, Toronto, Tommi, Pegassos und Tarso statistisch signifikant weniger befallen (WÄCHTER et al. 2007).

Wir haben die Effektivität der Linien mit unterschiedlichen *Bt* Genen im künstlich verseuchten Boden untersucht. Die Kontrolllinie mit *Bt7* hatte 4.9% befallene Ähren. Den niedrigsten Befall hatten die Linien *Bt11*, *Bt12*, *Bt13* (ohne Befall), *Bt9* (0.1%), *Bt8* (0.3%) und *Bt10* (0.7%). Einige dieser Resistenzgene wurden in nordamerikanischen Zuchtprogrammen angewandt. Die resistente Sorte Blizzard enthält *Bt12*, Bonneville *Bt12+*, Golden Spike *Bt12+*, Deloris und Gary *Bt3*, *Bt9* und *Bt10*, Winnridge *Bt8*, *Bt9* und *Bt10* (GOATES, pers. Mitt.). In Österreich haben HUBER und BÜRSTMAYR (2006) die Zwergsteinbrandresistenz der Sorten Bonneville und Golden Spike bestätigt und weiters die Resistenz der Sorten Weston (*Bt8*, *Bt9*, *Bt10*) und Sprague beschrieben.

Lokalisierung der *Bt* Gene

Nur einige von den beschriebenen *Bt* Genen wurden bisher auf Chromosomen lokalisiert. Es ist interessant, dass auf Chromosom 1B mehrere *Bt* Gene lokalisiert wurden. *Bt4* ist

Tabelle 2: Zwergsteinbrandbefall der Sorten Globus und Bill in Relation zu einer anfälligen Kontrollsorte (Feldbeobachtungen in Mittelböhmen)

Table 2: Dwarf bunt infection of Globus and Bill in relation to a susceptible check cultivar (% bunted ears m⁻²; field observations in Central Bohemia)

Jahr	Sorte		
	Globus	Bill	Anfällige Kontrolle
2006	58%	-	Batis 3.4 befallene Ähren/m ² = 100%
2006	36%	-	Batis 0.2 befallene Ähren/m ² = 100%
2007	11%	92%	Ilias 0.85 befallene Ähren/m ² = 100%
2008	37%	43%	Heines VII 3.0 befallene Ähren/m ² = 100%

mit *Bt5* bei einer Rekombinationsrate von 30% und mit *Bt6* bei 15.2% gekoppelt (siehe Referenzen bei MCINTOSH et al. 1998). Auf 1B haben auch FOFANA et al. (2008) die Steinbrandresistenz der Sommerweizensorte AC Domain lokalisiert, sowie WANG et al. (2009) die Resistenz der Sorte Blizzard. Für Blizzard wurde das Gen *Bt12* beschrieben. Aufgrund unserer Feldversuchen mit dihaploiden Linien der Kreuzung Trintella (steinbrandresistent) x Piko (steinbrandanfällig), die am John Innes Center, Norwich, entwickelt wurde, hat Dr. J. Snape die Resistenz der Sorte Trintella auch auf dem Chromosom 1B lokalisiert. Dieses Gen scheint allerdings nicht mit den Genen die von FOFANA et al. (2008) und WANG et al. (2009) beschrieben wurden identisch zu sein. Die Beziehung zu *Bt4*, *Bt5* und *Bt6* wurde noch nicht untersucht. *Bt7* wurde auf Chromosom 2D (MCINTOSH et al. 1998), das Gen *Bt10* auf Chromosom 6D lokalisiert (MENZIES et al. 2006).

Molekulare Marker für *Bt* Gene

Mehrere molekulare Marker für *Bt* Gene wurden beschrieben, z.B. für *Bt8* und *Bt11* von CIUCA et al. (2007), für *Bt10* von DEMEKE et al. (1996) und LAROCHE et al. (2000), sowie für *Bt12* von WANG et al. (2009). Eine umfangreiche Verifizierung der molekularen Marker für *Bt8*, *Bt10*, *Bt11* und *Bt12* wurde von CICHY und GOATES (2009) durchgeführt. Insgesamt wurden 74 Weizensorten bzw. Linien auf die Anwesenheit von *Bt8*, *Bt10*, *Bt11* und *Bt12* geprüft. Die Übereinstimmung der genetischen Angaben über die Anwesenheit der *Bt* Gene in insgesamt 33 Genotypen und der Markeranalyse wird in *Tabelle 3* dargestellt. Auch Linien ohne *Bt* Gene wurden untersucht und in einigen wurde eine positive Reaktion mit den molekularen Markern festgestellt.

Tabelle 3: Verifizierung der molekularen Marker (CICHY und GOATES 2009)

Table 3: Validation of molecular markers for *Bt* genes (CICHY and GOATES 2009). Number of tested genotypes with respective resistance genes and number of genotypes in which the *Bt* gene was identified by the respective molecular marker

Resistenzgen (n, Anzahl geprüfter Genotypen)	Anzahl Genotypen in denen durch Marker das entsprechende <i>Bt</i> Gen identifiziert wurde		
<i>Bt12</i> (n=16)	<i>Xgwm 374</i>	<i>Wgwm 264</i>	<i>Xbarc 128</i>
	4	11	12
<i>Bt10</i> (n=10)	<i>RAPD 196</i>	<i>RAPD 372</i>	
	7	5	
<i>Bt8</i> (n=6)	<i>RAPD psg 3</i>		
	4		
<i>Bt11</i> (n=1)	<i>Xgwm 114</i>		
	1		

Schlussfolgerungen

Mehrere europäische Weizensorten zeigen eine relativ hohe Steinbrandresistenz, aber niedrige Zwergsteinbrandresistenz. Nordamerikanische Weizensorten mit dem Resistenzgen *Bt12* und anderen, die gegen Steinbrand sowie Zwergsteinbrand resistent sind, können als Resistenzquellen in der Züchtung dienen. Für eine markergestützte Resistenzzüchtung sind noch weitere Arbeiten zur Identifizierung von mit Resistenzgenen eng gekoppelten Marker notwendig.

Danksagung

Die durchgeführten Arbeiten sind Teil der Forschungsprojekte MZE 0002700602 und 1G58083.

Literatur

- CICHY K, GOATES BJ, 2009: Evaluation of molecular markers for common bunt resistance genes in diverse wheat genotypes. ASA-CSSA-SSSA International Annual Meetings, 1-5 Nov, Pittsburgh, Abstracts [Available online: <http://a-c-s.confex.com/crops/2009am/webprogram/Paper54548.html>; accessed 11 Dec 2009].
- CIUCA M, ITTU M, ONCICA F, TEZEL-MATEESCU R, CORNEA C, IUORAS M, 2007: Research concerning the use of molecular techniques based on PCR in wheat breeding for common bunt resistance (*Tilletia* sp.). *Probl Genet Theor Aplic* 39, 1-18.
- DEMEKE T, LAROCHE A, GAUDET DA, 1996: A DNA marker for the *Bt10* common bunt resistance gene in wheat. *Genome* 39, 51-55.
- DUMALASOVÁ V, BARTOŠ P, 2006: Resistance of winter wheat cultivars to common bunt, *Tilletia tritici* (Bjerk.) Wint. and *T. laevis* Kühn. *J Plant Dis Protect* 113, 9-13.
- DUMALASOVÁ V, BARTOŠ P, 2007: Reaction of winter wheat cultivars to common bunt *Tilletia tritici* (Bjerk.) Wint. and *T. laevis* Kühn. *Plant Protect Sci* 43, 138-141.
- DUMALASOVÁ V, BARTOŠ P, 2009: Reaction of wheat and triticale cultivars to common bunt. *Czech J Genet Plant Breed*, in press.
- FOFANA B, HUMPHREYS DG, MCCARTNEY CA, SOMERS DJ, 2008: Mapping quantitative trait loci controlling common bunt resistance in a doubled haploid population derived from the spring wheat cross RL4452 x AC Domain. *Mol Breed* 21, 317-325.
- HUBER K, BUERSTMAYR H, 2006: Development of methods for bunt resistance breeding for organic farming. Proc 15th Biennial Workshop on the Smut Fungi, 11-14 Jun, Prague. *Czech J Genet Plant Breed* 42, Special Issue, 66-71.
- KOCHE, SPIEB H, 2006: Resistenz von Winterweizensorten und -zuchtlinien gegenüber Steinbrand (*Tilletia tritici*) und Zwergsteinbrand (*T. controversa*). 55. Deutsche Pflanzenschutztagung Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtschaft. 400: 295.
- LAROCHE A, DEMEKE T, GAUDET DA, PUCHALSKI B, FRICK M, MCKENZIE R, 2000: Development of a PCR marker for rapid identification of the *Bt10* gene for common bunt resistance in wheat. *Genome* 43, 217-223.
- MCINTOSH RA, HART GE, DEVOS KM, GALE MD, ROGERS WJ, 1998: Catalogue of gene symbols for wheat. In: Slinkard AE (ed.), Proc 9th Int Wheat Genet Symp, 2-7 Aug, Saskatoon, Vol 5, 1-229. University Extension Press, Univ Saskatchewan, Saskatoon.
- MENZIES JG, KNOX RE, POPOVIC Z, PROCUNIER JD, 2006: Common bunt resistance gene *Bt10* located on wheat chromosome 6D. *Can J Plant Sci* 86, 1409-1412.
- VÁŇOVÁ M, MATUŠINSKÝ P, BENADA J, 2006: Survey of incidence of bunts (*Tilletia caries* and *Tilletia controversa*) in Czech Republic and susceptibility of winter wheat cultivars. *Plant Protect Sci* 42, 21-25.
- WÄCHTER R, WALDOW F, MÜLLER KJ, SPIESS H, HEYDEN B, FURTH U, FRAHM J, WENG W, MIEDANER T, STEPHAN D, KOCH E, 2007: Charakterisierung der Resistenz von Winterweizensorten und zuchtlinien gegenüber Steinbrand (*Tilletia tritici*) und Zwergsteinbrand (*T. controversa*). *Nachrichtenbl Deut Pflanzenschutzd* 59, 30-39.
- WANG S, KNOX RE, DEPAUW R, CLARKE FR, CLARKE JM, THOMAS JB, 2009: Markers to common bunt resistance gene derived from 'Blizzard' wheat (*Triticum aestivum* L.) and mapped to chromosome arm 1BS. *Theor Appl Genet* 119, 541-553.