

Die Verwendung der Resistenzgene in der Züchtung auf Gerstengelverzweigungsvirus-Resistenz bei Gerste und Weizen

J. CHRPOVÁ, V. ŠÍP, J. OVESNÁ, J.K. KUNDU, P. MARÍK, O. VEŠKRNA und P. HORCICKA

Das Gerstengelverzweigungsvirus (barley yellow dwarf virus, BYDV) ist weltweit verbreitet und bei Getreide und Gräsern das am häufigsten vorkommende Virus.

Vererbung der Resistenz

Gerste

Nach bisherigen Ergebnissen kann die BYDV-Resistenz auf verschiedenen Major- und Minor-Genen beruhen. Von größerer Effektivität ist das auf Chromosom 3H liegende semidominante Gen Yd2, das 1959 in äthiopischer Sommergerste gefunden wurde. Zwei molekulare Marker (PCR) YLM und Ylp wurden für das Resistenzgen Yd2 entwickelt (FORD et al., 1998, PALTRIDGE et al., 1998). Als erfolgversprechend erscheint auch das ebenfalls aus Äthiopien stammende Gen Yd3. Dieses Gen befindet sich auf dem Chromosom 6H. Es scheint, dass es ähnlich wie das Gen Yd2 einen vollen Ausbruch der Krankheit verhindert (NIKS et al., 2004).

Weizen

Bei Weizen ist das Resistenzgen Bdv1 bekannt, das von der brasilianischen Sorte Frontana kommt. Das Gen Bdv1 wurde für die Züchtung der Resistenz gegen BYDV viel im CIMMYT verwendet, die Referenzsorte für dieses Gen ist Anza. Das Gen wird als teilweise effektiv und unvollständig dominant betrachtet (SINGH et al., 1993). Ein weiteres bekanntes Toleranzgen ist Bdv2, das aus dem *Thinopyrum intermedium* kommt (Translokation 7D-7Ai1). Wichtigster Donor des Gens Bdv2 ist die Linie Tc14, die gängig im Züchtungsprogramm CIMMYT verwendet wird (COMEAU und HABER, 2002). Für die Feststellung der Anwesenheit dieses Gens existieren

funktionelle molekulare Marker (AYALA et al., 2001; ZHANG et al., 2004).

Das Auftreten des BYDV und Schutzmöglichkeiten in der Tschechischen Republik

Die Gerstengelverzweigung tritt wiederholt auf dem Gebiet der Tschechischen Republik auf. Ein präventiver agrotechnischer Schutz gegen diese Krankheit ist sehr problematisch und wird oft noch durch das Wetter oder die ökonomische Rentabilität erschwert. Den effektivsten und ökonomisch und ökologisch vorteilhaftesten Schutz stellt die Züchtung resistenter Sorten dar. Eine potentielle Gefahr für die Wintergerste stellt eine weitere, in der Tschechischen Republik bislang nicht nachgewiesene Viruskrankheit dar, das Gelbmosaik (BaYMV/BaMMV).

Die BYDV-Problematik, die derzeit in Zusammenarbeit des Forschungsinstituts für Pflanzenproduktion mit der SELGEN AG, bearbeitet wird, umfasst folgende Bereiche: Aufsuchen von Resistenzquellen aus der ganzen Welt, Auswertung der Resistenz der registrierten Sorten und ausgewählter Neuzüchtungen, Schaffung von Material mit einer erhöhten Resistenz gegen BYDV bei Weizen und Gerste und bei Gerste ebenfalls Schaffung von Material mit einer kombinierten Resistenz gegen BYDV und gegen Gelbmosaik bei Gerste.

Bewertung der Resistenz gegen BYDV in Freilandbedingungen mit künstlicher Infektion und unter Verwendung von molekularen Markern

Die Reaktion auf eine BYDV-Infektion mit dem Stamm PAV wird im Forschungsinstitut für Pflanzenproduktion in Freilandtests der Resistenz beurteilt,

die eine infizierte und eine nicht infizierte Variante nach einer langfristig genutzten Methodik umfassen (VACKE et al., 1996). Die Bewertung der Symptome erfolgt in der Zeit der Blüte nach einer von SCHALLER und QUALSET (1980) entwickelten Skala. Für den Vergleich der Entwicklung der Symptome werden Kontrollsorten verwendet. Nach der Ernte wird die Reduktion wichtiger Ertragskomponenten im Vergleich mit der nicht infizierten Kontrollvariante bewertet.

Wintergerste

Bei der Züchtung von Wintergerste werden vor allem die Quellen moderater Resistenz Sigra und Perry und besonders in der letzten Zeit auch die Quellen des Gens Yd2 genutzt. In der tschechischen Züchtung konnten von einer Quelle moderater Resistenz (Sigra) abgeleitete Linien erhalten werden. Einige Linien (SG-L 929/I/04, SG-L 929/II/04, SG-L 929/III/04) wiesen ein hohes Toleranzniveau und Leistungsparameter auf. Die Ertragsstabilität stellt immer Probleme vor. Ein Züchtungsprogramm, das Quellen mit dem Gen Yd2 verwendet, wird in Italien in Fiorenzuola 'd Arda viel angewandt (DELOGU et al., 1995). Im Forschungsinstitut für Pflanzenproduktion wird jedes Jahr eine Kollektion von Sorten und Neuzüchtungen aus Fiorenzuola 'd Arda auf Resistenz gegen BYDV in Freilandinfektionstests untersucht. Bei resistentem Material wird die Anwesenheit des Gens Yd2 mit einem Ylp-Marker festgestellt. Im Jahre 2005 und 2006 konnten im Rahmen der zugesandten Kollektionen 45 Träger des Gens Yd2 festgestellt werden. Das ausgewählte Material wird als Resistenzquelle in der Züchtungsstation Luany verwendet. Da es sich um italienisches Material handelt,

Autoren: Dipl.-Ing. Jana CHRPOVÁ, CSc., Dipl.-Ing. Václav ŠÍP, CSc., RNDr. Jaroslava OVESNÁ, CSc., Dipl.-Ing. J. K. KUNDU, Ph.D. Forschungsinstitut für Pflanzenproduktion, Drnovská 507, CZ-161 06, PRAHA - RUZYNE, Dipl.-Ing. Pavel MARÍK, Dipl.-Ing. ONDREJ VEŠKRNA, Dr. Ing. Pavel HORCICKA, SELGEN AG, Jankovcova 18, CZ-170 37 PRAHA 7



bereitet seine niedrige Widerstandsfähigkeit gegen Kälte gewisse Probleme.

Beispiel für die Marker-gestützte Züchtung ist die Schaffung von Linien der Wintergerste mit kombinierter Resistenz gegen BYDV und Gelbmosaik. Die Sorte Nelly (Gen ym4) wurde mit der Sorte Wysor (Gen Yd2) gekreuzt. Mit Hilfe von molekularen Markern (Mikrosatellitmarker Bmac29 für das Gen ym4 und Ylp-Marker für das Gen Yd2) wurden Linien mit Homozygotie beider Resistenzgene ausgewählt. In der Züchtungsstation Lu*any wurden im Jahre 2005 27 Linien mit einem höheren agronomischen Niveau ausgewählt, die im Jahre 2006 in Freilandinfektionstests im Forschungsinstitut für Pflanzenproduktion gewertet wurden (Tabelle 1). Ihr agronomisches Niveau wurde ebenfalls in Mikroparzellen in Lu*any ausgewertet. Bei den Freilandtests der Resistenz wurde bei der Mehrheit der Linien eine hohe Resistenz gegen BYDV festgestellt. Bei ausgewählten Linien wurde eine Rückkreuzung mit der Sorte Nelly vorgenommen, um an die derzeitigen kommerziellen Sorten heranzukommen.

Winterweizen

Bei Winterweizen wurde bislang keine hohe Resistenz festgestellt. Alljährlich wird die Resistenz registrierter Sorten und ausgewählter Neuzüchtungen unter Freilandbedingungen ausgewertet. Eine relativ höhere Resistenz wurde bei den Sorten Niagara, Meritto, Rexia, Athlet, Svitava und Ebi festgestellt (ŠÍP et al., 2005). Eine bei diesen Sorten festgestellte moderate Resistenz ist offensichtlich polygen begründet.

Sommerweizen

Bei dieser Frucht wird dem Auffinden von Resistenzquellen aus der ganzen Welt große Aufmerksamkeit geschenkt. Zur Zeit stehen zweijährige (2005 und 2006) Ergebnisse der Bewertung der Resistenz gegen BYDV für 18 Linien zur Verfügung, die aus dem CIMMYT (ALME2YDRES) erhalten wurden und für die die Anwesenheit des Gens Bdv2 behauptet wurden, sowie einjährige Ergebnisse (2006) für 19 ausländische Materialien mit einer angekündigten höheren Resistenz gegen BYDV zur Verfügung (Tabelle 2). Dieses Material

Tabelle 1: Feldbonituren nach künstlicher Infektion mit BYDV-PAV (0-9; 9 - stark anfällig) und Bestandesbonituren (0-9; 9 hohe Bestandesdichte) bei F 5-Linien von Wintergerste mit kombinierter Resistenz gegen BYDV (Gen Yd2) und Gelbmosaikviren (Gen ym4)

Sorte/Linie	Befall	Bestandesbonitur	Sorte/Linie	Befall	Bestandesbonitur
Wysor (Yd2)	1,7	5,5	Nelly/Wysor 13*	2,0	6,0
Nelly (ym4)	7,3	3,7	Nelly/Wysor 14*	2,0	6,5
Luxor - anfällig	6,7	4,7	Nelly/Wysor 15*	2,5	7,0
Nelly/Wysor 1*	2,0	6,0	Nelly/Wysor 16	2,5	7,0
Nelly/Wysor 2*	2,5	6,0	Nelly/Wysor 17	3,0	8,0
Nelly/Wysor 3	3,0	6,0	Nelly/Wysor 18	5,5	8,0
Nelly/Wysor 4	3,5	5,0	Nelly/Wysor 19	5,0	7,0
Nelly/Wysor 5	3,0	5,5	Nelly/Wysor 20	6,0	7,0
Nelly/Wysor 6	3,5	8,0	Nelly/Wysor 21	2,5	5,0
Nelly/Wysor 7	3,0	8,0	Nelly/Wysor 22*	2,5	6,0
Nelly/Wysor 8*	1,0	6,0	Nelly/Wysor 23*	2,0	5,5
Nelly/Wysor 9	2,5	6,0	Nelly/Wysor 24*	2,0	7,0
Nelly/Wysor 10	2,0	5,5	Nelly/Wysor 25*	2,0	7,0
Nelly/Wysor 11	2,0	7,0	Nelly/Wysor 26	3,0	6,5
Nelly/Wysor 12	2,5	6,5	Nelly/Wysor 27	5,0	6,5

* Linien mit hohem Ertragsniveau

wurde auf molekularem Niveau analysiert. Für die Feststellung des Gens Bdv2 wurden 3 molekulare Marker verwendet: SCAR-Marker BYAgI und SC-gp1 (ZHANG et al., 2004) und weiter der Mikrosatellitmarker Xgwm37 (AYALA, 2001). Außerdem werden registrierte Sorten und ausgewählte Neuzüchtungen bewertet und Resistenzquellen langfristig getestet. In Einklang mit den vorhergehenden Ergebnissen (ŠÍP et al., 2005)

wurde eine hohe Resistenz bei der Linie WKL-91-138 und bei der brasilianischen Sorte Maringá festgestellt, eine moderate Resistenz bei der Sorte Anza (Träger Bdv1). Eine moderate Resistenz wurde ebenfalls bei den in der Tschechischen Republik registrierten Sorten Sandra, Leguan und Bruncka gefunden (ŠÍP et al., 2005). Das Material mit einer erklärten Anwesenheit des Gens Bdv2 aus dem CIMMYT zeigte überraschend in Frei-

Tabelle 2: Reaktion der Sommerweizengenotypen auf eine BYDV-Infektion mit dem Stamm PAV in Freilandtests im Vergleich mit Feststellung des Gens Bdv2 mit der Hilfe von 3 molekularen Markern

Sorte/Linie	Provenienz	Befall*	BYAgI	SC-gp1	Xgwm37
Anza	CIMMYT-MX	4,1**	-	-	-
Maringa	BR	2,6**	-	-	-
WKL 91-138	ICARDA-SY	1,8**	-	-	-
ALME2YDRES (18 Linien)	CIMMYT-MX	6,4 (4,8-8,0)	+	+	+ 15 Linien - 3 Linien
CHD125/02	DANKO-PL	5,3	-	-	-
CHD287/01	DANKO-PL	5,2	-	-	-
SOA217/02	DANKO-PL	4,0	-	-	-
BOMBONIA	DANKO-PL	4,0	-	-	-
QUINO-BAES	Semillas Baier-CL	4,0	-	-	-
COSTERO-B	Semillas Baier-CL	6,0	-	-	-
BÁRBARO-B	Semillas Baier-CL	4,2	-	-	-
TC14-290E	QWRI - AU	5,3	+	+	-
TC14-290J	QWRI - AU	6,8	+	+	+
TC5	QWRI - AU	7,5	-	+	+
TC7	QWRI - AU	8,0	-	+	-
TC9	QWRI - AU	7,0	-	-	-
Z2	QWRI - AU	5,5	-	-	-
Z6	QWRI - AU	7,0	-	-	-
KIVU-85	Agriculture-CA	3,0	-	-	-
QG 2.1	Agriculture-CA	3,2	-	-	-
QG 4.37	Agriculture-CA	3,7	-	-	-
QG 22.24	Agriculture-CA	4,8	-	-	-
QG 100	Agriculture-CA	5,0	-	-	-
Jara-anfällig	CZ	6,5**	-	-	-

* siehe Tabelle 1 **mehrfährige Ergebnisse

landbedingungen kein hohes Resistenzniveau gegen den BYDV-Stamm PAV aus der Tschechischen Republik. Die durchschnittliche symptomatische Bewertung betrug 6,4 mit einer Variationsbreite von 4,8 bis 8. Hohe Anfälligkeit wurde überraschend auch bei Linien TC 5, TC 7 und TC 9 stammenden von Translokation 7D-7Ai1. festgestellt. Als erfolgversprechend in der Resistenz gegen BYDV erscheinen umgekehrt einige Materialien, bei denen die Anwesenheit des Gens Bdv2 nicht festgestellt wurde. Es handelt sich um die Linien Kivu-85, QG 2.1, QG 4.37 aus Kanada, die Linie SOA217/02 aus Polen und die Sorten Quino-Baes und Bárbaro-B aus Chile. Es handelt sich um einjährige Ergebnisse und es ist notwendig die Feldversuche mit künstlicher Infektion wiederholen.

Fazit

Bei der Züchtung von Wintergerste kam es in dieser Richtung zu einem offensichtlichen Fortschritt. Die geforderte Resistenz kann vor allem durch die Nutzung des Gens Yd2 erreicht werden. Ein Vorteil ist hier auch die Möglichkeit der Nutzung des molekularen Markers Ylp. Ein negativer Einfluss des Gens Yd2 auf die verfolgten Hauptmerkmale wurde nicht nachgewiesen (ŠÍP et al. 2004). Trotzdem tritt dieses Gen nicht gewöhnlich in den europäischen kommerziellen Sorten auf, es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass in Zukunft auch in Europa eine Sorte mit dem Gen Yd2 registriert wird. Bislang wurden die für die Züchtung geforderten Parameter eher durch Nutzung von Quellen der moderaten Resistenz erreicht, die sich jedoch auf andere Gene als Yd2 gründet. Bei Weizen sind die Perspektiven für die Ausnutzung in der Züchtung vor allem

Quellen vom Sommertyp. Nach den bisherigen Ergebnissen wurde der relativ höchste Resistenzgrad bei Material erhalten, bei dem keines der bislang bekannten Resistenzgene (Bdv1, Bdv2) festgestellt wurde. Hochaktuell ist daher das Studium der genetischen Grundlage seiner Resistenz (Ableitung molekularer Marker der Resistenzgene). Die geprüften Linien mit erklärter Anwesenheit des Gens Bdv2 wiesen nach Infektion mit dem vom Gebiet der Tschechischen Republik stammenden BYDV-Stamm PAV nicht den geforderten Resistenzgrad auf. Bei Winterweizen ist bislang immer noch die Empfehlung aktuell, moderat resistente Winterweizensorten mit Resistenzquellen vom Sommertyp zu kreuzen (VACKE et al., 1996).

Danksagung

Die durchgeführten Arbeiten sind Teil der Forschungsprojekte 1G57060 und QG50073, die von dem Landwirtschaftsministerium der Tschechischen Republik finanziell unterstützt wurden. Dank gilt unseren Mitarbeiterinnen M. VLCKOVÁ und Š. BĀRTOVÁ für die technische Hilfe und T. SUMÍKOVÁ für die Bestimmungen des Yd2-Gens und L. SLÁMOVÁ für die Bestimmungen des Bdv2-Gens. Spezieller Dank gilt Z. BANASZAK, A. COMEAU und E. VON BAIER für die Toleranzquellen.

Literatur

AYALA, L., M. HENRY, D. GONZÁLES DE LEÓN, M. VAN GINKEL, A. MUJEEBKAZI, B. KELLER and M. KHAIRALLAH, 2001: A diagnostic molecular marker allowing the study of Th. intermedium-derived resistance to BYDV in bread wheat segregating populations. *Theoretical and Applied Genetics* 102:942-949.

COMEAU, A. and S. HABER, 2002: Breeding for BYDV tolerance in wheat as a basis for multiple stress tolerance strategy. In: HENRY, M.,

MCNAB, A.: BYDV Recent Advances and Future Strategy, CIMMYT, 2002: 82-92.

DELOGU G., L. CATTIVELLI, M. SNIDARO and A.M. STANCA, 1995: The Yd2 gene and enhanced resistance to barley yellow dwarf virus (BYDV) in winter barley. *Plant Breeding* 114: 417-420.

FORD, C.M., N.G. PALTRIDGE, J.P. RATHJEN, R.L. MORITZ, R.J. SIMPSON and R.H. SYMONS, 1998: Rapid and informative assays for Yd2, the barley yellow dwarf virus resistance gene, based on the nucleotide sequence of a closely linked gene. *Mol. Breed.* 4: 23-31.

NIKS, R.E., A. HABEKUSS, B. BEKELE and F. ORDON, 2004: A novel major gene on chromosome 6H for resistance of barley against the barley yellow dwarf virus. *Theoretical and Applied Genetics* 109: 1536-1543.

PALTRIDGE, N.G., N.O. COLLINS, A. BENDAHNAME and R.H. SYMONS, 1998: Development of YML, a codominant PCR marker closely linked to the Yd2 gene for resistance to barley yellow dwarf disease. *Theoretical and Applied Genetics* 96: 1170-1171.

SCHALLER, C.W. and C.O. QUALSET, 1980: Breeding for resistance to barley yellow dwarf virus. *Proc. 3 Internat. Wheat Conf., Madrid:* 528-541.

SINGH, R.P., P.A. BURNETT, M. ALBARRÁN and S. RAJARAM, 1993: Bdv1: A gene for tolerance to barley yellow dwarf virus in bread wheat. *Crop Science* 33: 231-234.

ŠÍP, V., P. BARTOŠ, J. CHRPOVÁ, A. HANZALOVÁ, L. ŠIRLOVÁ, J. PALICOVÁ-ŠÁROVÁ, V. DUMALASOVÁ, L. ĚJKA, A. HANIŠOVÁ, L. BOBKOVÁ, I. BĪOVÁ and P. HOREJĚKA, 2005: Theoretical bases and sources for breeding wheat for combined disease resistance. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding* 41(4): 127-143.

ŠÍP, V., J. CHRPOVÁ, J. VACKE and J. OVESNÁ, 2004: Possibility of exploiting the Yd2 resistance to BYDV in spring barley breeding. *Plant Breeding* 123: 24-29.

VACKE, J., V. ŠÍP and M. ŠKORPÍK, 1996: Evaluation of resistance to barley yellow dwarf virus (BYDV) in wheat. In: *Proc. 5th Internat. Wheat Conf., June 10-14, Ankara, Turkey:*162-163.

ZHANG, Z., J. XU, Q. XU, P. LARKIN and Z. XIN, Z. 2004: Development of novel PCR markers linked to the BYDV resistance gene Bdv2 useful in wheat for marker-assisted selection. *Theoretical and Applied Genetics* 109: 433-439.