

Die Bewertung der Ährenfusariosenresistenz bei in der Tschechischen Republik registrierten Winterweizensorten unter verschiedenen Prüfungsmethoden

Jana Chrpová^{1*}, M. Váňová² und V. Šíp¹

Abstract

Resistance of winter wheat cultivars to *Fusarium* head blight (FHB) and accumulation of mycotoxin deoxynivalenol was evaluated in three different experiments: 1. spray inoculation of selected spikes at full flowering stage with pathogenic isolate of *Fusarium culmorum*, 2. surface inoculation of the whole plots with the mixture of selected *F.culmorum* and *F.graminearum* isolates and 3. at the conditions of natural infection supported by cultivation after preceding crop maize and with application of maize debris (stalks and corncobs). The susceptibility to FHB in cultivars Mladka and Complet was detected in all three experiments, similarly as the relatively highest resistance to FHB in Alana. Cultivar differences in resistance level were most reliably detected with the use of spray inoculation of selected spikes and promotion of infection by mist irrigation of plots. Evidently it was useful to combine the results obtained with this method with results obtained in conditions of natural infection supported by „maize sources“. It is, however, necessary to mention that natural infection is highly influenced by weather conditions during the year. The results obtained also indicate a possibility to obtain a desirable resistance level in cultivars developed after crossing of commercially grown cultivars.

Keywords: Wheat, *Fusarium* head blight, resistance, deoxynivalenol, methods of evaluation

Einleitung

Die Ährenfusariosen gehören zu den ernstesten Getreidekrankheiten. Außer einem geringeren Ertrag hat sie auch die Anwesenheit von Mykotoxinen im geernteten Korn und einen negativen Einfluss auf die technologische Qualität zur Folge. Die bisherigen Studien zeigten, dass das überwiegende Mykotoxin Deoxynivalenol (DON) ist, das zu den Trichothecen-Derivaten gehört (NICHOLSON et al. 2007). Hauptproduzenten dieser Mykotoxine sind die Arten *Fusarium graminearum*, *F. culmorum* und *F. poae*.

Die Resistenz von Weizen gegen Ährenfusariosen ist polygen begründet und hat verschiedene Komponenten. Bei der Bewertung der Resistenz von Weizensorten wurde vor

allem die Resistenz gegen die Invasion von Pathogenen (I), die Resistenz gegen die Verbreitung des Pathogens in der Ähre (II) (SCHROEDER und CHRISTENSEN 1963) und die Resistenz gegen die Anhäufung von Mykotoxinen im Korn (Resistenz des Typs III) betrachtet. Sorten von Sommerweizen mit einem hohen Resistenzniveau kommen vor allem aus dem Gebiet von China und Japan und entstanden vorwiegend in Gebieten, in denen regelmäßig Epidemien ausbrachen, weswegen durch natürliche Auswahl widerstandsfähigere Genotypen erzeugt wurden. Bei Weizen kann jedoch ein bedeutender Fortschritt in der Erhöhung der Resistenz gegen Ährenfusariose auch durch Kumulierung von Resistenzgenen aus verschiedenen Quellen erreicht werden, die an europäische Bedingungen angepasst werden (ITTU et al. 2002). Eine spezifische Methode, die zur Feststellung der Resistenz des Typs II genutzt wird, gründet sich auf die Einbringung von Inokula in die Zentralähre in der Zeit der Blüte (SCHROEDER und CHRISTENSEN 1963).

Durch Inokulation mittels Besprühen der Ähren kann die Resistenz des Typs I und des Typs II festgestellt werden. Nach den gegenwärtigen Erkenntnissen kann die Resistenz des Typs I nicht direkt festgestellt werden, sondern nur als Unterschied zwischen Punktinfektion und Infektion durch Besprühen.

Für die Züchtung ist die Inokulation durch Besprühen geeigneter, denn sie ermöglicht eine bessere Beurteilung der Wirkung eines breiteren genetischen Apparats als die Punktinfektion (MESTERHÁZY et al. 2008). Eine weitere Möglichkeit ist die Verwendung des natürlichen Infektionswegs unter Provokationsbedingungen (Vorfrucht Mais oder Getreide, Minimalbodenbearbeitung) für die Bewertung der Resistenz der Sorten (BÜRSTMAYR et al. 1999). Ziel dieses Beitrags ist es, die einzelnen Methoden der Infektion zu vergleichen und unter Verwendung verschiedener Typen der Infektion die Informationen über die Resistenz von Sorten des Winterweizens zu erweitern.

Durchführung der Feldprüfungen

Für die Bewertung der Ährenfusarioseresistenz wurden 3 verschiedene Verfahren angewandt.

Seit 2004 wird die Ährenfusarioseresistenz in der Tschechischen Republik bei den registrierten Winterweizensorten in Zusammenarbeit mit dem Forschungsinstitut für Pflanzenproduktion (VÚRV), Prag-Ruzyně und der Landwirtschaftlichen Zentralanstalt für Kontrolle und Prüfung (ÚKZÚZ), Brno (Brünn), in 2 Versuchstypen festgestellt. Für diese Studie wurden die in den Jahren 2004-2006 erlangten Ergebnisse für 35 Winterweizensorten verwendet.

¹ Forschungsinstitut für Pflanzenproduktion, Drnovská 507, CZ-161 06 PRAHA-RUZYŇĚ

² Dipl.-Ing. Marie VÁŇOVÁ, Institut für landwirtschaftliche Forschung GmbH, Havlíčkova 2787, CZ-767 01 KROMĚŘÍŽ

* Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Jana CHRPOVÁ, chrpova@vurv.cz

Tabelle 1: Ährensymptome (ÄS) und DON Gehalt. Ergebnisse aus Feldversuchen über 3 Jahre (2004-2006) mit 2 verschiedenen Formen der Infektion

Sorte	Natürliche Infektion		Künstliche Inokulation		Sorte	Natürliche Infektion		Künstliche Inokulation	
	ÄS	DON (mg/kg)	ÄS	DON (mg/kg)		ÄS	DON (mg/kg)	ÄS	DON (mg/kg)
Alana	4,8	1,3	4,2	29,7	Cubus	5,9	4,0	4,9	59,5
Simila	4,8	1,3	4,0	30,4	Rapsodia	6,3	6,4	5,6	43,1
Samanta	6,0	1,9	5,0	30,0	Svitava	7,0	5,9	6,1	53,4
Apache	5,8	2,6	5,4	24,4	Caphorn	6,8	11,7	6,3	51,2
Rheia	6,6	3,0	5,2	31,0	Barroko	6,3	6,2	5,3	61,5
Dromos	4,4	2,3	4,5	44,7	Etela	5,1	4,9	6,2	69,0
Ludwig	5,1	3,0	4,7	41,4	Drifter	5,0	3,9	6,3	91,4
Banquet	6,2	3,4	5,5	31,8	Darwin	5,6	5,4	6,3	68,9
Globus	4,8	3,4	5,5	44,4	Alibaba	5,1	4,7	6,3	76,4
Batis	3,7	1,8	4,9	63,3	Vlasta	5,7	6,2	6,3	68,9
Eurofit	5,1	2,7	4,9	53,5	Karolinum	6,1	9,1	5,7	61,1
Hedvika	3,8	2,6	5,1	59,5	Clarus	5,6	5,1	6,4	79,9
Buteo	5,3	4,0	5,2	51,2	Heroldo	5,4	6,2	5,8	92,6
Ebi	4,3	1,5	5,0	79,7	Biscay	5,7	7,3	6,1	90,2
Ilias	3,6	2,6	5,6	66,8	Florett	5,9	9,1	6,1	91,6
Akteur	3,9	2,2	5,7	73,3	Compleat	5,7	6,7	7,0	128,5
Sulamit	6,2	4,4	5,1	52,7	Mladka	7,7	8,0	6,2	127,6
Merrito	5,2	4,3	5,1	57,8	Durchschnitt	5,0	2,7	5,0	48,1

1. In der ÚKZÚZ wird die Methode des natürlichen Infektionswegs auf Feldern mit der Vorfrucht Mais mit einer bestimmten Menge von Maisresten auf der Erdoberfläche angewandt. Der Erreger des Befalls ist hier vor allem *F. graminearum*. Der Befall wurde als Prozentsatz der befallenen Ähren nach der Methodik der ÚKZÚZ ermittelt, und der DON-Gehalt wurde aus allen Ähren der natürlich infizierten Parzelle bestimmt.
2. Bei den Versuchen im VÚRV Ruzyně wird eine künstliche Inokulation von 10 Ähren in der gleichen Entwicklungsphase (GS 64 - Zadoks) durch Suspension von Konidien des pathogenen Isolats (B) der Art *F. culmorum* durchgeführt (CHRPOVÁ et al. 2007). Der Befall der Ähren wurde als Prozentsatz der infizierten Ähren in 3 Terminen festgestellt. Der DON-Gehalt wurde aus 10 Ähren nach der Methode ELISA bestimmt. Zur Unterstützung der Entwicklung der Infektion wird bewässert.
3. Im Institut für landwirtschaftliche Forschung in Kroměříž (Kremsier) wurden 22 der registrierten Winterweizensorten in dreijährigen Feldversuchen bewertet. Der Versuch wurde in den Jahren 2005 und 2006 mit der Vorfrucht Körnermais und im Jahre 2007 mit der Vorfrucht Getreide unternommen. Die Infizierung erfolgte auf dem gesamten Feld durch Besprühen mittels Rückensprüher mit einem Gemisch von Isolaten der Arten *F. culmorum* und *F. graminearum*. Der Ährenbefall durch Fusariose wurde nach der modifizierten Horsfall-Barnet 10-Punkte-Skala bewertet. Nach der Ernte wurde im Labortest der Prozentsatz der durch Pathogene der

Gattung *Fusarium* kolonisierten Körner festgestellt. Für die Bewertung der Kolonisierung der Körner durch Pathogene der Gattung *Fusarium* wurde die Methodik nach AMELUNG (1996) verwendet. Der DON-Gehalt wurde chromatographisch bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Die in Zusammenarbeit von ÚKZÚZ und VÚRV in dreijährigen Versuchen erhaltenen Ergebnisse der Auswertung der Resistenz gegen Ährenfusariose sind in *Tabelle 1* enthalten. In den Versuchen mit einer künstlichen Inokulation durch *F. culmorum* wurde eine hohe Kontamination durch DON erreicht. Durchschnittlich bewegte sie sich von 24,4 mg/kg bis 128,5 mg/kg. Der durchschnittliche DON-Gehalt war unter den Bedingungen einer natürlichen Infektion bei den gleichen Sorten wesentlich niedriger mit einer Spanne von 1,3 bis 8 mg/kg. Die Korrelationskoeffizienten zwischen den Merkmalen des Ährenbefalls und des DON-Gehalts, die in den beiden Versuchen (bei künstlicher und bei natürlicher Infektion) erhalten wurden, liegen in *Tabelle 2* vor. Es ist offensichtlich, dass die Korrelation zwischen dem Ährenbefall und dem DON-Gehalt bei beiden Infektionsformen statistisch bedeutend war. Eine statistisch bedeutende Korrelation wurde auch zwischen dem DON-Gehalt nach natürlicher und künstlicher Infektion und zwischen dem Ährenbefall bei beiden Infektionstypen festgestellt (auch wenn diese Korrelationen verhältnismäßig weniger eng waren). Statistisch unbedeutend war lediglich die Korrelation zwischen dem Ährenbefall nach der natürlichen Infektion und dem DON-Gehalt nach der künstlichen Infektion. Das Merkmal des Ährenbefalls nach künstlicher Infektion korrelierte jedoch in beiden Versuchstypen mit dem DON-Gehalt nach künstlicher Infektion. Das höchste Resistenzniveau wurde in beiden Versuchstypen übereinstimmend bei den Sorten Alana, Simila, Samanta und Apache festgestellt. Der höchste DON-Gehalt wurde in beiden angewandten Methoden bei der Sorte Mladka bestimmt. Auch die Sorten Compleat, Florett, Biscay und Heroldo erwiesen sich in beiden Ver-

Tabelle 2: Korrelation unter Parameter bestimmten mit zwei verschiedenen Formen der Infektion

	FHB-N	FHB-A	DON-N
FHB-A	0,36 *	-	
DON-N	0,64 **	0,68 **	-
DON-A	0,08	0,68 **	0,47 **

* P < 0,05 ** P < 0,01

Tabelle 3: Zusammenfassung der Resistenzdaten der untersuchten Sorten nach künstlicher Infektion mit *Fusarium graminearum* and *F. culmorum* in Kroměříž in Jahren 2005-2007. Die Ergebnisse aller drei untersuchten Parametr wurden dargestellt: % von Ährensymptome (% ÄS), % von Fusariumkolonisierten Körner (% KK), DON Gehalt (mg/kg)

Sorte	% ÄS	% KK	DON	Sorte	% ÄS	% KK	DON
Alana	2,52	5,67	0,46	Batis	1,95	6,67	1,68
Sarka	3,10	5,67	0,61	Contra	7,09	10,33	1,72
Acteur	2,05	11,67	0,71	Ludwig	2,74	4,33	1,74
Nella	2,19	3,33	0,72	Sulamit	5,48	12,00	2,28
Rheia	3,16	9,67	0,77	Bill	9,19	13,67	2,45
Drifter	3,63	14,33	1,31	Trend	3,97	11,67	2,53
Corsaire	3,86	19,67	1,35	Ebi	1,86	9,00	2,58
Samanta	4,23	2,00	1,45	Complet	5,79	22,33	3,51
Banquet	5,85	13,00	1,49	Vlasta	7,98	19,33	3,88
Saskia	4,43	8,00	1,51	Clever	10,35	20,67	4,07
Darwin	5,10	9,67	1,55	Mladka	10,85	26,33	5,79

suchstypen als anfällig. Unter den verfolgten Sorten gab es jedoch auch solche, die einen niedrigen DON-Gehalt in den Versuchen mit natürlicher Infektion und einen relativ hohen DON-Gehalt in den Versuchen mit künstlicher Infektion aufwiesen (Batis, Akteur). Dieser Umstand kann teilweise dadurch erklärt werden, dass in den Versuchen mit einer natürlichen Infektion auch Mechanismen der passiven Resistenz wirken können (Pflanzenhöhe), die die Pflanze vor dem Befall schützt. Umgekehrt wurde bei den Sorten Rheia, Banquet und Rapsodia in den Versuchen mit künstlicher Infektion ein relativ niedriger DON-Gehalt im Vergleich mit den Bedingungen der natürlichen Infektion festgestellt. Es erscheint, dass die natürliche Infektion offensichtlich die Resistenz des Typs I gegen den Befall berücksichtigt. Die künstliche Infektion individueller Ähren in einer genauen Phase berücksichtigt neben der Resistenz des Typs I auch die Resistenz des Typs II, was sich offensichtlich auch in der Resistenz gegen die Akkumulation von DON zeigt.

Die 22 Sorten, die in Kroměříž flächendeckend durch Besprühen infiziert wurden, umfassten ebenfalls 12 Sorten, die von VÚRV und ÚKZÚZ geprüft wurden. Der durchschnittliche DON-Gehalt bewegte sich bei diesen Sorten im Bereich 0,64-5,79 mg/kg. Der höchste DON-Gehalt wurde bei den Sorten Mladka, Clever, Vlasta und Complet festgestellt (Tabelle 3). Den niedrigsten Inhalt des Mykotoxins DON wurde bei den Sorten Alana, Rheia, Acteur, Šárka und Nela gefunden. Die Korrelation zwischen den einzelnen begutachteten Merkmalen enthält Tabelle 4. In allen Jahrgängen wurde eine statistisch bedeutende Korrelation zwischen dem DON-Gehalt im Korn und dem Ährenbefall wie auch zwischen dem DON-Gehalt und der Kolonisierung des Kornes durch Fusarien nachgewiesen. Dieser Typ der Infektion der ganzen Fläche berücksichtigt wahrscheinlich die Komponenten der Resistenz I und II.

Ein Vorteil der Versuche mit künstlicher Infektion ist die Möglichkeit, hohe Werte des DON-Gehalts zu erreichen,

Tabelle 4: Korrelationskoeffizienten zwischen untersuchten Parametern

	DON-Gehalt	Kolonisierte Körner
DON-Gehalt	-	0,5506**
Ährenbefall	0,6721**	0,4686**

** P < 0,01

wodurch die Sorten besser unterschieden werden können. Diese Methode ist ebenfalls bei verschiedenem Wetterverlauf erfolgreich (TOMASEVIC et al. 2005), besonders, wenn sie durch Bewässerung unterstützt wird. Die Methode, die die Infektion ausgewählter Ähren in der gleichen Phase der Blüte verwendet, ist am genauesten. Ein Nachteil ist die relativ kleine Menge von Körnern, die für weitere Analysen zur Verfügung steht. Das Besprühen der gesamten Fläche mit einer Infektionslösung, das in den Feldversuchen in Kroměříž angewandt wurde, ermöglicht es, eine große Menge an Körnern für weitere Analysen zu erlangen. Wenn der Versuch nicht durch Bewässerung unterstützt wird, so ist der DON-Gehalt in diesem Versuchstyp niedriger. Die Ergebnisse der letzten Jahre zeigten jedoch auch die Wichtigkeit der Auswahl von geeigneten Isolaten für die Versuche mit einer künstlichen Infektion (ŠÍP et al. 2008). Für den Nachweis der Unterschiede im Resistenzgrad der Sorten (in einem kürzeren Zeitintervall) erwies sich die Verwendung von mehreren Isolaten (*4-F. graminearum*) nach einer Auswahl auf der Grundlage der vorgeschlagenen Charakteristiken als nützlich.

Die Nutzung der natürlichen Infektion in Provokationsbedingungen (Vorfrucht Mais, Minimalbodenbearbeitung) für die Bewertung der Resistenz der Sorten ist weniger arbeitsaufwendig und entspricht mehr den Bedingungen in der landwirtschaftlichen Praxis. Hier können sich die Mechanismen der passiven Resistenz besser geltend machen. Ohne eine Unterstützung durch Bewässerung muss sich die Krankheit jedoch in trockenen Jahren nicht ausreichend entwickeln. Diese Methode erscheint als geeignet für das Screening von Material mit einer höheren Resistenz in der Züchtung.

Es kann festgestellt werden, dass die Sorten mit der höchsten Anfälligkeit gegenüber der Ährenfusariose und mit einer hohen Akkumulation von DON (Mladka, Complet) in den 3 Versuchstypen mit verschiedenen Infektionsquellen übereinstimmend erkannt wurden. Übereinstimmend war ebenfalls die höchste festgestellte Resistenz bei der Sorte Alana. Auch die Resistenz der Sorte Simila, die wie die Sorte Alana eine relativ hohe Resistenz bei den Versuchen von VÚRV und ÚKZÚZ aufwies, wurde in den bislang einjährigen Versuchen bei VÚZ Kroměříž bestätigt (persönliche Mitteilung VÁŇOVÁ 2008). Die höhere Resistenz der älteren Sorten Nela und Šárka, die in den Versuchen mit flächendeckender Infizierung nachgewiesen wurde, wurde

bereits früher in verschiedenen Versuchstypen erkannt (ŠÍP et al. 2007).

Der Schutz gegen Ährenfusariose erfordert ein komplexes Herangehen. Am wirksamsten erscheint die Kombination der Züchtung von Sorten mit höherer Resistenz mit einem gezielten Fungizidschutz. Der Resistenz der Sorten gegen Ährenfusariose wird in der Tschechischen Republik eine angemessene Aufmerksamkeit gewidmet, und dies sowohl bei der Züchtung als auch bei der Registrierung und Empfehlung von Sorten. Es wurden die folgenden Sorten tschechischer Herkunft mit einer höheren Resistenz gegen Ährenfusariose neu registriert: Simila (2006), Sakura (2007), Bakfis und Baletka (2008). Alle diese Sorten entstanden durch Kreuzung von kommerziell genutzten Winterweizensorten. Bei der Züchtung werden auch entferntere Resistenzquellen wie Sumai 3 u.a. verwendet. Als perspektiv erscheint bei der Nutzung dieser Quellen die Marker-gestützte Züchtung.

Bei der Bewertung der Resistenz in Feldbedingungen bleibt im Züchtungsprozess das Besprühen in die Ähren die Grundmethode. Fortgeschrittene Züchtungsmaterialien werden ebenfalls auf einem Standort mit einem alljährlichen starken Auftreten von Ährenfusariose hervorrufenden Pathogenen geprüft.

Zusammenfassung

Aus dem Gesichtspunkt einer sicheren Erlangung von Ergebnissen und einer Unterscheidung der geprüften Materialien erscheint die Inokulation durch Besprühen der Ähren am verlässlichsten, insbesondere wenn sie durch künstliche Bewässerung unterstützt wird. Die Methode der natürlichen Infektion, die die Vorfrucht Mais und eine Minimalbodenbearbeitung nutzt, imitiert den natürlichen Infektionsweg am besten. Die Methode ist jedoch stark vom Wetterverlauf im jeweiligen Jahr abhängig. Es erscheint wünschenswert, daß Ergebnisse vorliegen, die mit mehreren Methoden gewonnen wurden. Die Ergebnisse der Bewertung der Sorten dokumentieren die Möglichkeit, einen höheren Resistenzgrad auch unter Verwendung der derzeitigen kommerziellen Sorten als Eltern zu erzielen.

Danksagung

Die durchgeführten Arbeiten sind Teil der Forschungsprojekte MZE 0002700602 und NAZV QG50041 die von dem

Landwirtschaftsministerium der Tschechischen Republik unterstützt wurden. Dank gilt auch den Mitarbeitern der Landwirtschaftlichen Zentralanstalt für Kontrolle und Prüfung für die Ergebnisse der Feldversuche.

Literatur

- AMELUNG, D., 1996: Experience with the isolation of plant pathogenic fungi: In: Dahne et al. (eds): Proc. 4th Int. Symp. EFPP Diagnostic and Identification of Plant Pathogens. 9-12 Sept. 1996, Bonn, Germany: 35-36.
- BÜRSTMAYER, H., M. LEMMENS, M.L. DOLDI, M. STIERSCHNEIDER, B. STEINER, K. WERNER, L. HARTL und P. RUCKENBAUER, 1999: Resistenzzüchtung bei Weizen gegenüber Ährenfusariosen. Bericht über die 50. Arbeitstagung der Vereinigung österreichischer Pflanzenzüchter, BAL Gumpenstein, 23.-25. Nov. 1999, 63-68.
- CHRPOVÁ, J., V. ŠÍP, E. MATĚJOVÁ und S. SÝKOROVÁ, 2007: Resistance of winter wheat varieties registered in the Czech Republic to mycotoxin accumulation in grain following inoculation with *Fusarium culmorum*. Czech Journal of Genetics and Plant Breeding, 43: 44-52.
- ITTU, M., N.N. SAULESCU, G. ITTU und M. MOLDOVAN, 2002: Approaches in breeding wheat for resistance to FHB in Romania. Petria, 12:67-72.
- MESTERHÁZY, A., B. TÓTH, T. BARTÓK und M. VARGA, 2008: Breeding strategies against FHB in winter wheat their relation to type I resistance. Cereal Research Communications 36, Suppl.B: 37-43.
- NICHOLSON, P., N. GOSMAN, R. DRAEGER, M. THOMSETT, E. CHANDLER und A. STEED, 2007: The *Fusarium* head blight pathosystem. In: BUCK H.T., NISI J.E., SALOMÓN N. (eds.): Wheat Production in stressed Environments, Springer 2007, 12: 23-36.
- SCHROEDER, H. W. und J.J. CHRISTENSEN, 1963: Factors affecting resistance of wheat to scab caused by *Gibberella zeae*. Phytopathology 53: 831-838.
- ŠÍP, V., J. CHRPOVÁ, L. LEIŠOVÁ, S. SÝKOROVÁ, L. KUČERA und J. OVESNÁ, 2007: Effects of genotype, environment and fungicide treatment on development of *Fusarium* head blight and accumulation of DON in winter wheat grain. Czech Journal of Genetics and Plant Breeding, 43: 16-31.
- ŠÍP, V., J. CHRPOVÁ und S. SÝKOROVÁ, 2008: Assessing resistance to head blight in wheat cultivars inoculated with different *Fusarium* isolates. Czech Journal of Genetics and Plant Breeding 44: 43-59.
- TOMASEVIC, S., B. PALAVERŠIĆ und I. IKIĆ, 2005: Study of wheat lines resistance to *Fusarium* head blight. Cereal Research Communications 33: 583-588.