



Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.
Praha - Ruzyně

2015

Rez plevová na pšenici a ochrana proti ní

METODIKA PRO PRAXI



Mgr. Alena Hanzalová Ph.D.

Ing. Pavel Bartoš DrSc.

Dedikace

Metodika je výstupem projektu MZE ČR RO0415.

Metodika je určena pro šlechtitelskou a zemědělskou praxi. O jejím uplatnění byla uzavřena smlouva s firmou SELGEN, a.s.

Metodika získala osvědčení o uznání certifikované metodiky v souladu s podmínkami „Metodiky hodnocení výsledků výzkumu a vývoje“, vydané ústředním kontrolním a zkušebním ústavem zemědělským (UKZUZ 106049/2015).

Odborný oponent: Ing. Jana Mazáková Ph.D., Česká zemědělská univerzita, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Praha 6 – Suchbátův újezd.

Odborný oponent ze státní správy: Ing. Pavel Kraus Ph.D., ÚKZÚZ, Národní odrůdový úřad, Brno.

©Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Drnovská 507, 161 06 Praha 6, 2015

ISBN: 978-80-7427-184-7

Rez plevová na pšenici a ochrana proti ní

METODIKA PRO PRAXI

Mgr. Alena Hanzalová Ph.D.

Ing. Pavel Bartoš DrSc.

Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.

2015

Abstrakt

Silný výskyt rzi plevové v roce 2014 a 2015 prokázal její vysokou škodlivost, proto je tato metodika zaměřena na tuto rez. Rzi napadající pšenici působí ztráty každoročně. V letech epidemií může být sklizeň snížena o více než o polovinu. Epidemie rzi travní a rzi plevové se vyskytují v nepravidelných intervalech, kdežto rez pšeničná škodí na pšenici každoročně. Ztráty na výnosu působí hlavně na střední a jižní Moravě. Chemická ochrana v rámci běžné agrotechniky omezuje sice škodlivost rzi, avšak při jejich silnějším výskytu zejména u náchylných odrůd, není tato ochrana dostatečná. Opakované fungicidní zásahy zvyšují náklady a jsou omezeny hygienickými předpisy. Ekonomický i ekologický způsob ochrany spočívá ve šlechtění na odolnost a pěstování odolných odrůd. Předpokladem pro úspěšné šlechtění na odolnost je znalost virulencí v populaci patogena a vhodné zdroje odolnosti. Metodika shrnuje poznatky o rzi plevové na pšenici. Připojeny jsou údaje o odolnosti pěstovaných odrůd a možnosti chemické ochrany.

Abstract

Heavy incidence of yellow rust in the years 2014 and 2015 has proved high deleterious effects of this rust. For this reason this publication deals with yellow rust on wheat. Rusts on wheat cause losses every year. In the years of an epidemic yield can be decreased by more than a half. Epidemics of stem rust and yellow rust occur in irregular intervals. Leaf rust causes damage every year particularly in central and southern part of Moravia. Chemical control limits yield losses, however in the case of heavy rust incidence this control particularly on susceptible cultivars is not sufficient. Repeated chemical treatments increase the costs and are limited by phytosanitary regulations.

Economic and ecologic rust control consists in resistance breeding and growing resistant cultivars. Knowledge of virulence in the rust population and suitable sources of resistance are prerequisites for successful resistance breeding. This publication presents a summary of data from literature on the yellow rust on wheat. Data on resistance of the grown cultivars and possibilities of the chemical control are included.

OBSAH

I.	Cíl metodiky	4
II.	Popis metodiky	4
	1. Přehled problematiky	4
1.1.	Původ a šíření rzi plevové.....	4
1.2.	Symptomy a biologie rzi plevové.....	5
1.3.	Mezihostitel rzi plevové.....	6
1.4.	Specializované formy (<i>formae speciales</i>) rzi plevové.....	6
1.5.	Rasy rzi plevové.....	7
1.6.	Agresivita rzi plevové.....	10
1.7.	Epidemie a trvanlivost rezistence.....	11
1.8.	Ztráty působené rzí plevovou.....	12
1.9.	Odrůdová odolnost a šlechtění na rezistenci.....	14
1.10.	Mezinárodní spolupráce.....	16
	2. Ochrana	17
2.1.	Ochrana proti rzi plevové v ČR šlechtěním na odolnost.....	17
2.2.	Odolnost registrovaných/doporučených odrůd ke rzi plevové.....	18
2.3.	Využívání odrůdové odolnosti a chemická ochrana.....	19
	3. Metody studia rzi plevové	20
3.1.	Určování fyziologických ras.....	20
3.2.	Stanovování rezistence.....	21
3.2.1.	Skleníkové testy rezistence.....	21
3.2.2.	Laboratorní testy rezistence na listových segmentech.....	22
3.3.	Zkoušení virulence rzi a odrůdová odolnost v polních podmínkách.....	23
3.4.	Testy pomocí molekulárních markerů a jejich využití ve šlechtění.....	26
3.5.	Sběr a uchovávání inokula.....	27
3.6.	Zjišťování genů rezistence.....	27
3.6.1.	Fenotypová analýza.....	27
3.6.2.	Hybridologická analýza.....	28
3.6.3.	Molekulární markery.....	28
3.7.	Závěr.....	28
III.	Srovnání novosti postupů a metodická doporučení pro testování rezistence pšenice ke rzi plevové	29
IV.	Popis uplatnění certifikované metodiky	29
V.	Ekonomické aspekty	29
VI.	Seznam použité literatury	30
VII.	Seznam publikací, které předcházely metodice	34

I. Cíl metodiky

Cílem metodiky bylo shrnout možnosti snížení ztrát působených rzí plevovou na pšenici s využitím současných poznatků a výsledků vlastní experimentální práce.

Metodika je určena pro pracovníky zkušebních a výzkumných šlechtitelských organizací a pro zemědělskou praxi. Obsahuje údaje významné pro rostlinolékaře a šlechtitele i údaje využitelné k volbě vhodné odrůdové struktury, která může snížit potenciální ztráty působené rzemi a informace o chemické ochraně.

II. Popis metodiky

Metodika podává celkový přehled problematiky rzí na pšenici (výskyt, škodlivost, šlechtění na odolnost, možnosti chemické ochrany). Jsou uvedeny výsledky experimentální práce (odrůdová odolnost, patotypy rzí).

1. Přehled problematiky

1.1. Původ a šíření rzí plevové

Hassebrauk (1965) označil za centrum původu rzí plevové Zakavkazsko, kde se tato rez běžně vyskytuje na travách. Novější je hypotéza (Ali *et al.* 2014), že rez plevová pochází z Číny a střední Asie (Nepal, Pákistán). Tuto hypotézu podporuje vysoká heterogenita populace a dříšťál jako funkční mezipřenositel v uvedených oblastech, který k této heterogenitě přispívá.

I když jde o značně odlehlou oblast od Evropy, Ameriky i Austrálie, přenos inokula – spor rzí plevové na velké vzdálenosti byl již nejednou prokázán. Hypotéza o zmíněném centru původu a přenosu rzí do dalších geografických areálů (Ali *et al.* 2014) je založena na molekulární analýze 409 vzorků rzí z 11 geografických areálů Afriky, Asie, Austrálie, Evropy, Severní a Jižní Ameriky a jejich srovnání. Za místo původu populace rzí plevové vyskytující se v jižní Africe, považují zmínění autoři populace ze Středomoří a centrální Asie. Z nedávných výskytů rzí plevové, přizpůsobených vyšším teplotám, uvádějí stejní autoři jako centrum původu Střední Východ a východní Afriku.

Významný je poměrně nedávný výskyt ras tolerantních k vyšším teplotám (Hovmøller *et al.* 2011). Rasa přizpůsobená vyšším teplotám se vyskytla na jihovýchodě USA. Od r. 2000 se šířila tato agresivní rasa PstSI tolerantní k vyšším teplotám na východ. Za místo jejího původu se považuje západní a střední Asie. V téže době byla v Evropě popsána agresivní rasa tolerantní k vyšším teplotám, určená jako PstS2 a blízce příbuzná s PstS1. Pochází pravděpodobně ze Středomoří nebo Středního Východu. Od PstS1 se evropská rasa, přítomná též v západní a střední Asii a u Rudého moře, lišila jen dvěma fragmenty ze 117 informativních fragmentů AFLP a měla stejné spektrum virulence. Tentýž genotyp rzí PstS1 byl zjištěn o dva roky později v Austrálii. V letech 2003-2008 byla nalezena rasa PstS2 v hojném počtu v oblasti Rudého moře, východní Africe a v západní a střední Asii. V letech 2000-2002 byly tyto rasy identifikovány na mnoha místech na pěti kontinentech. Řada izolátů

rzi před rokem 2000 v Evropě, Severní Americe a Austrálii měla podobné fragmenty AFLP jako v Africe (Hovmøller *et al.* 2008).

Srovnávaly se rovněž rozdíly v agresivitě mezi rasami rozšířenými před rokem 2000 a novými rasami. Izoláty rzi byly hodnoceny za nízkých teplot (10-18 °C) a vyšších teplot (12-28°C) na délku latentní periody, délky a šířky lézí (proužků plodnic), plochy lézí a tvorby spor na dospělých odrůdách náchylné odrůdy bez známých genů rezistence. Nové izoláty byly významně agresivnější než staré (před rokem 2000) ve všech zmíněných parametrech. Nové izoláty sporulovaly za vyšších teplot dříve a intenzivněji než staré, měly tedy významnou adaptaci na vyšší teploty (Milus *et al.* 2009). Izoláty PstS3 z jižní Evropy byly méně virulentní (Ali *et al.* 2014).

Starší údaje o přenosech rzi plevové shrnul Hovmøller *et al.* (2011). K přenosům rzi na velké vzdálenosti patří případ Arizony v USA. Tam byla rez plevová poprvé zjištěna v roce 1915, ale není vyloučeno, že se tam vyskytla již dříve. Od té doby se vyskytovala v USA zejména na Severozápadě. Předpokládá se přenos rzi z Evropy. V roce 1975 došlo v Jižní Americe k silnému napadení ječmene, které později postihlo i Severní Ameriku. Rovněž v tomto případě se předpokládá přenos z Evropy. Další velmi významný přenos rzi plevové je z Evropy do Austrálie v roce 1979, kde dříve tato rez nebyla zjištěna. Od té doby působí rez plevová škody ve východní části Austrálie. O rok později (1980) byla rez plevová poprvé zjištěna na Novém Zélandu, kam se dostala z Austrálie. V roce 1996 byla rez plevová nalezena v Jižní Africe. Předpokládá se, že pocházela z Jižní Evropy, nebo západní či střední Asie. Údaje o pravděpodobných dálkových přenosech jsou založeny na příbuznosti virulencí ras a v řadě novějších případů na analýze DNA.

Zmíněné přenosy rzi plevové však nelze přičíst jen větrům. Rozvoj cestování a obchodu se na přenosech rzi též může významně podílet. Např. do Austrálie se rez plevová dostala v roce 1979 pravděpodobně na kontaminovaném oděvu (Wellings 2007).

V rámci evropského kontinentu je možné předpokládat častý přenos populací rzi plevové z Anglie do Dánska, jak jej prokázal např. Justesen *et al.* (2002), a do dalších zemí západní Evropy i na východ. Epidemie rzi plevové v teplejších oblastech šířící se od roku 2000 přispěly k rozšíření ras rzi plevové snášejících vyšší teploty, které měly zároveň i vyšší agresivitu (Hovmøller *et al.* 2011). Rovněž ve Švýcarsku, kde byla poslední epidemie této rzi v roce 2000, byla v roce 2009 zjištěna nová virulence překonávající dříve účinné geny rezistence. K epidemii však došlo až v roce 2012, kdy k virulenci zjištěné roku 2009 přibýly další virulence (Mascher F. 2012). Adaptace rzi plevové na místní klimatické podmínky byla ve Francii prokázána i v lokálním měřítku srovnáním teplotních nároků rzi z jižní a severní oblasti země (Mboup *et al.* 2012). Kromě odlišné virulence i teplotních nároků od starších ras rzi plevové byly nově zjištěny i poněkud odlišné symptomy na listech, dané schopností mycelia rzi prorůstat nejen podélně ve směru nervatury listu, nýbrž i příčně.

1.2. Symptomy a biologie rzi plevové

Rez plevová se vyskytuje nejdříve na listech, později může napadat všechny nadzemní části rostliny. V klíčící fázi rostlin jsou uredie rzi rozptýlené, později je charakteristická tvorba uredií na listech v protáhlých pruzích.

Rez plevová je heteroecická, mezihostitelem je dřevitý strom. Dikaryotické urediospory se množí asexuálně. Na stárnoucím pletivu hostitelů se tvoří dvoubuněčné teliospory, obsahující diploidní jádra vzniklá karyogamií. Klíčící teliospory vytvářejí basidiospory, které mohou infikovat mezihostitele dřevitý strom. Pyknidy se tvoří na horní straně listu a aecie na spodní straně listů dřevitý strom. Pyknospory vznikající v pyknidách jsou haploidní, podobně jako základy aecií,

v nichž dochází k diplodizaci a tvorbě diploidních aeciospor. Ty mohou infikovat původního hostitele.

Rez plevová, podobně jako další rzi, je obligátní parazit. Infekce pšenice nastává, když infekční vlákno pronikne z klíčící urediospory průduchem do rostliny, v níž dochází k další diferenciaci. Tvoří se substomatální měchýřek, z něhož vyrůstají 2-3 primární infekční hyfy. Z nich se vyvíjejí mateřské buňky haustoria. Od hyf jsou odděleny přepážkou. Mateřské buňky haustoria pronikají buněčnou stěnou a vytvářejí haustoria obklopující plasmatickou membránu rostliny. Pomocí haustorií získává patogen výživu a jejím prostřednictvím navazuje vztah patogen-hostitel. To se děje sekrety molekul efektorů, jako jsou produkty genů avirulence. Rozvětvené mycelium proniká intercelulárně. Pod epidermis se v místech budoucích uredií shlukují buňky mycelia a vytvářejí tak základ uredie (ložiska), v němž vznikají urediospory. Těmi se rez šíří asexuálně během vegetace v několika cyklech v závislosti na počasí, zejména teplotě. Teliospory vznikají koncem vegetace.

1.3. Mezihostitel rzi plevové

U rzi plevové nebyl až donedávna znám její mezihostitel. Problematice mezihostitele věnovala pozornost řada badatelů již od konce 19. století, avšak bezvysledně. Např. Mains (1933) se již ve třicátých letech minulého století domníval, že mezihostitelem rzi plevové by mohl být dříšťál, podobně jako u rzi travní. Hart a Becker (1931) zkusili v téže době infikovat dříšťál pomocí teliospor, avšak infekce nedosáhli. Teprve v roce 2009 pracovníci Yue Jin, L. J. Szabo a M. Carson (Jin *et al.* 2010) na universitě Minnesota (St. Paul, USA) prokázali, že mezihostitelem rzi plevové mohou být různé druhy dříšťálu, včetně dříšťálu obecného (*Berberis vulgaris*). Jejich důkaz spočíval v experimentálním navození celého životního cyklu rzi plevové: Pšenice - dříšťál (*Berberis chinensis*) - pšenice. Molekulární analýzou ověřili, že jde skutečně o rez plevovou. Poprvé byly infikovány tyto druhy dříšťálu: *Berberis chinensis*, *B. holstii*, *B. koreana* a *B. vulgaris*. (Jin *et al.* 2010). Později (Zhao *et al.* 2013) provedli v Číně průzkum výskytu dříšťálů. Prokázali výskyt u 28 druhů a u 20 druhů testovali infekci pomocí teliospor rzi plevové. Infekce se zdařila u 18 druhů dříšťálu. V Evropě v Dánsku prokázali funkci dříšťálu jako mezihostitele rzi plevové Rodriguez-Algaba *et al.* (2014).

1.4. Specializované formy (*formae speciales*) rzi plevové

Eriksson (1894) uvedl 5 speciálních forem (*formae speciales*) rzi plevové: *Puccinia striiformis*: f. sp. *tritici*, f. sp. *hordei*, f. sp. *secalis*, f. sp. *elymi* a f. sp. *agropyron*. Ve dvacátém století doplnili další autoři tento soubor o další čtyři speciální formy: f.sp. *poae*, f.sp. *dactylidis*, f.sp. *leymi* a f.sp. *pseudo-hordei*. Dělení na *formae speciales* není jednotné. Např. Stubbs (1985) uvedl odlišné formy pouze pro pšenici, ječmen a lipnici luční. Pro izoláty z *Poa pratensis* Tollenaar (1967) prokázal vyšší teplotní optimum. Rozdíly v morfologii na různých travách popsal rovněž Nix (1989). Přesah hostitelských okruhů speciálních forem pšenice, ječmene i žita zjistili různí autoři. Hovmöller *et al.* (2011) zmiňují novou rasu rzi plevové, jež měla přesahující hranici uváděných hostitelů obilnin a tritikale. Vyskytla se v Dánsku a Švédsku v letech 2008 a 2009 a byla analyzována i molekulárními metodami. Molekulární metody byly využity i v řadě dalších studií k upřesnění rozdílů. Podle

Hovmöllera *et al.* (2011) existují nejméně 3 linie původu rzi plevové, jedna napadá převážně obilniny a alespoň dvě další linie se vyskytují na travách.

Liu a Hambleton (2010) určili čtyři linie původu u rzi plevové označené jako *Puccinia series striiformis* na základě polymorfizmu sekvencí DNA. Tyto čtyři linie byly označeny jako samostatné druhy na základě odlišných morfologických znaků, jako je velikost urediospor, struktura povrchu, počet klíčnicích pórů, urediálních parafýz a šířka hilu teliospor. První linie původu napadá *Triticeae* a nese jméno *Puccinia striiformis* Westend. Druhá linie označená jako *P. striiformoides* napadá druh *Dactylis glomerata*. Dříve byla nazývána *P. striiformis* var. *dactylidis*. Třetí linie nazvaná *P. pseudostriiformis* zahrnuje izoláty rzi, které napadají rod *Poa* (dříve *P. striiformis* f. sp. *poae*). Čtvrtou linií tvoří jedna kolekce získaná z *Achnatherum inebrians* z Číny. Jindy je však považována za nový druh s názvem *Puccinia gansensis*. Spektrum druhů trav, které může rez plevová napadat, zůstává předmětem výzkumu. Hassebrauk již roku 1965 uvedl nejméně 320 druhů trav z 50 rodů. Z nich mezi hlavní patří *Aegilops*, *Agropyron*, *Bromus*, *Elymus*, *Hordeum*, *Secale* a *Triticum*. Později však byly tyto údaje zpochybněny a předpokládá se menší rozsah hostitelů. Hostitelský okruh trav pro rez plevovou v bývalém Československu popsali Urban (1969) a Urban a Marková (2009) na základě herbářových vzorků. Uvedli dvě variety *Puccinia striiformis*, a to var. *striiformis*, zahrnující pšenici, žito, ječmen a na rozdíl od zahraničních autorů i oves a dále 10 druhů trav. Do var. *dactylidis* patří jen jeden druh a to *Dactylis glomerata*. Údaje o počtu hostitelských druhů jsou ovšem poplatné i rozsahu materiálu, který jednotliví autoři analyzovali.

Praktickými aspekty možného přenosu rzi plevové z trav na obilniny a naopak se zabýval Zadoks (1961) s těmito závěry: Trávy jsou zpravidla napadány vlastními specializovanými formami rzi plevové, s výjimkou druhů rodu *Agropyron*, kde malá část izolátů speciální formy pšeničné napadala i pýr. Růstový rytmus rzi plevové na pýru se liší od rytmu na pšenici, což znesnadňuje potenciální přenos. Množství inokula na pýru je velmi malé na počátku epidemie ve srovnání s inokulem na pšenici. Speciální forma pšeničná i ječmenná přezimuje na svých hostitelích lépe než na pýru. V Nizozemsku byl výskyt rzi plevové na pýru velmi řídký a rez plevová na pýru má pro infekci pšenice velmi malý význam, což platí pravděpodobně pro celou severozápadní Evropu. Výjimečný byl přenos rzi plevové z pšenice na ječmen, a to pouze na exotickou odrůdu ječmene Fong Tien. Autor ale získal také izolát rzi, který napadal v klíční fázi několik odrůd pšenice i ječmene. V polních pokusech se rzi plevovou, pšeničnou formou byla často napadána odrůda ječmene Topper, velmi náchylná k formě ječmenné (f. sp. *hordei*). Rozhodující pro stanovení hostitelského okruhu má být reakce v dospělosti, ne na mladých rostlinách (Zadoks 1961). Straib (1935, 1936) na základě skleníkových testů s exotickými odrůdami a na mladých rostlinách potvrdil názor, že okruh hostitelů u *formae speciales* není konstantní. Exotické odrůdy v daném areálu se nevyskytující mohou přispívat k různým výsledkům zjištěných hostitelů. Okruhy hostitelských druhů různých speciálních forem se mohou v některých případech překrývat. Závěrem k otázce speciálních forem (*formae speciales*) lze konstatovat, že pro různé rasy rzi a různé geografické areály není patrně možné sestavit jednotný systém *formae speciales* s konstantním okruhem hostitelských druhů rostlin.

1.5. Rasy rzi plevové

Určování ras probíhá od počátku minulého století. Analýza struktury populace rzi umožňuje studium jejich migrace, dopad jejich virulencí na odrůdy pšenice s různými geny rezistence a možnost předvídat i další vývoj populace rzi. Na diferenciaci rzi plevové v populaci a její šíření má vliv rozmanitost genotypů odrůd pšenice, i vnější podmínky, zejména teplota, jíž se

jednotlivé genotypy/patotypy/rasy rzi mohou v různé míře přizpůsobit. Nové rasy lišící se od starých virulencí, rozdíly v agresivitě nebo toleranci k vyšším teplotám vznikají převážně mutacemi, i když se na variabilitě může podílet heterokaryoze či parasexuální proces. V určitých geografických areálech ovlivňuje variabilitu také sexuální proces na mezihostiteli - dřívě. Byla prokázána též somatická hybridizace.

Specializaci rzi plevové na úrovni odrůd (fyziologické rasy) popsali poprvé Hungerford *et* Owen (1923). Allison *et* Isenbeck (1930) zavedli koncept fyziologických ras založený na infekčních typech na souboru diferenciačních odrůd (testsortimentu) s různými geny rezistence. Rasy se zprvu testovaly na různých odrůdách v různých zemích. Základem pro novodobý mezinárodní soubor testovacích odrůd byla publikace Johnsona *et al.* (1972). Problémem však bylo, že některé testovací odrůdy obsahovaly více genů rezistence, což znemožňovalo exaktní stanovení genů virulence. Další pokrok tedy byl testovací soubor téměř izogenních linií na základě odrůdy Avocet, které se lišily jednotlivými geny rezistence ve stejném genetickém pozadí (Wellings 2007). Rasy v šedesátých letech se určovaly na testovacím sortimentu podle Gassner *et* Straib (1932) a později podle Fuchs (1960). V roce 1972 navrhl Johnson *et al.* soubor diferenciačních odrůd - mezinárodních, bez označení písmenem a evropských označených písmenem E. V mezinárodním souboru byly to tyto odrůdy Chinese 166 (*Yr1*) (1), Lee (*Yr7*) (2), Heines Kolben (*Yr2*, *Yr6*) (4), Vilmorin 23(*Yr3*) (8), Moro (*Yr10*) (16), Strubes Dickkopf (32), Suwon 92/Omar (64). Evropská série diferenciačních odrůd (E) pak zahrnovala odrůdy Hybrid 46 (*Yr4*) (1), Reichersberg 42 (*Yr7*) (2), Heines Peko (*Yr2*, *Yr6*) (4), Nord Desprez (8), Compair (*Yr8*) (16), Carsten V (32), Spaldings Prolific (64) a Heines VII (*Yr2*) (128). Rasy se označovaly pomocí čísel, které jsou uvedeny tučně v závorce za odrůdou podle sérií diferenciačních odrůd a to součtem čísel jednotlivých napadených diferenciačních odrůd. Každý součet vyjadřoval jedinou specifickou kombinaci virulencí. Např. rasa 104E9 z Československa (1972) určená v Nizozemsku je virulentní na odr. Suwon /Omar (64), Strubes Dickkopf (32) a Vilmorin 23(8) – součet 104. Z odrůd evropské série je virulentní na Nord Desprez (8) a Hybrid 46 (1) součet 9. Později byla přidána k mezinárodní sérii testovacích odrůd odrůda Clement (*Yr2*, *Yr9*) s číslem 128. Tento systém popisu ras je otevřený, je možno přidávat další odrůdy/linie a definovat je dvojnásobkem nejvyššího čísla stávající odrůdy v testsortimentu. Později se začaly používat pouze izogenní linie, ale základní sestava genů rezistence zůstávala i v nových testovacích souborech, jen doplněná o nové geny. Kromě testů na klíčních rostlinách se prováděly testy na dospělých rostlinách. Zadoks (1961) začal označovat polní rasy názvy odrůd, pro které byla určitá rasa charakteristická, např. rasa Peko, Heines VII, Heines Kolben Etoile de Choisy aj. Podobné označování polních ras se užívá v současné době ve Velké Británii (R.Bayles) a rovněž v dánském mezinárodním projektu Global Rust Reference Center. Např. nejvýznamnější rasa epidemií posledních let v severozápadní Evropě má název podle odrůdy Warrior. Výskyt této rasy byl na pracovišti v Dánsku prokázán také ve vzorcích rzi plevové z České a Slovenské republiky z roku 2014.

V ČSR byly v letech 1961-1967 zjištěny rasy 3/55, 54 a rasa blízká rase 8 (Slovenčíková, 1968, 1971), která v roce 1955 způsobila v Nizozemí epidemii. V letech 1977-1978 byly u nás popsány rasy 104E200, 104E233, 104E235, 33E128, 33E160, 33E161, 40E137, 40E232, 41E169, 36E196, 106E235 (Slovenčíková 1980). V letech 1980-1981 byly v Československu zjištěny rasy 0E0, 32E128, 32E192, 40E136, 36E141, 104E8, 104E137, 64E41. V letech 1981-1982 určil Dr. Stubbs ze vzorků z ČSR rasy 104E41, 104E137, 32E128, 41E136, Bartoš *et al.* (1984) rasy 0E0, 32E128, 32E192, 40E136, 36E141, 104E8, 104E137 a 64E41. Nejčastější byla virulence k odrůdám Strubes Dickkopf (*Yr25*), Vilmorin23 (*Yr3*), Nord Desprez (*Yr3*), Heines VII (*Yr2*) a Hybrid 46 (*Yr4*). Podobná byla virulence i v dalších evropských zemích.

Po zavedení nové nomenklatury ras bylo možno převést staré výše uvedené údaje o rasách v ČR (s rizikem určitých nepřesností) takto: rasa 8, 8B odpovídá 32 E0, čemuž odpovídají polní rasy Dippes Triumph a Alba nebo odpovídá rase 32E128, odpovídající polní rasy jsou HeinesVII a Leda. Rasa 54 odpovídá 36E132, odpovídající polní rasy jsou Peko a Flamingo nebo odpovídá 36E4. Rasa 3/55 odpovídá 40E0, 40E1, 40E8 odpovídající polní rasy jsou Etoile de Choisy a Falco nebo odpovídá 40E136, odpovídající polní rasy jsou Clement.

Během epidemických výskytů rzi plevové v letech 1999 až 2003 nebyly u nás zjišťovány jednotlivé rasy nýbrž virulence na genech rezistence obsažených v diferenciacích (testovacích) odrůdách. Výsledky jsou uvedeny v Tab. 1, kde jsou srovnány údaje získané v letech 1981/1982 a 1999/2000. Výsledky ukazují nárůst virulence na většině genů rezistence. Účinnost ke všem testovaným izolátům rzi plevové si po obě časová období uchovaly pouze geny rezistence *Yr10* a *Yr5* a *YrSP* (odr. Spaldings Prolific). V roce 2004 byla testována směs izolátů z předcházejících let silných výskytů rzi na širším sortimentu obsahujícím další geny rezistence. Kromě výše uvedených genů byla účinnost zjištěna také u genů *YrSu* (Suwon92/Omar) *Yr3b* + *Yr4b* (Hybrid 46), *Yr9+* (Riebesel 47-51), *Yr15* (*Yr15/6*AvS*), *Yr17+* (Rendezvous). Na rozdíl od předchozích testů byl účinný i gen *Yr1* (Chinesse 166, *Yr1/6*AvS*). Výsledky rovněž ukázaly přítomnost dalších genů rezistence v některých odrůdách majících gen *Yr9*, které byly na rozdíl od náchylné izogenní linie *Yr9/6*AvS* odolné např. (Riebesel 47-51) a rovněž odrůd s genem *Yr17*, kdy izogenní linie *Yr17/3*AvS* byla náchylná, ale např. odrůda Rendezvous odolná.

V roce 1961 se ve Francii rozšířila rasa 3/55 na odr. Etoile de Choisy, V roce 1955 se vyskytovala rasa HeVII překonávající odolnost odrůdy Heines VII (v bývalé NDR Hadmerslebener VII). Tato rasa byla významná v roce 1961 také u nás, v Polsku a Rumunsku. V roce 1973 se v Nizozemsku rozšířila virulence na velmi významné odrůdě Clement.

V rozmezí let 1990-2000 se v Německu zvyšoval v populaci rzi plevové podíl virulence ke genu *Yr1* (Chinesse 166) a *Yr2* (Heines VII), zejména v posledních pěti letech tohoto časového období. V letech 1999 a 2000 se zvýšil podíl virulence *Yr4* (Hybrid 46), genu *Su* (Suwon/Omar), *Yr9* (Clement), *Yr17* (Rendezvous). V roce 2000 byly mnohem silněji než v předešlých letech napadeny testovací odrůdy Lee (*Yr7*), Reichersberg (*Yr7+*) a virulence byla zjištěna i na odrůdě Compair (*Yr8*). Na rozdíl od roku 1991 a 1992 byla v posledních letech období 1990-2000 jen ojediněle zjišťována virulence k odr. Spalding Prolific (SPA) a jen v 1% k *Yr5* - *Triticum spelta album* (SPA) a zcela účinný zůstal gen *Yr10* (odr. Moro). V roce 2000, kdy byl velmi silný výskyt rzi plevové v Německu, se ukázaly jako neúčinné nebo jen málo účinné geny *Yr2*, *Yr3*, *Yr1*, *SD*, *SV*, *Yr4*, *Yr9*, *Yr17*. Regionálně účinné byly geny *Yr8*, *Yr7+*, *Yr2+*, *Yr6*, *Yr7*, *YrCaV*, vysoce účinné byly pouze geny *Yr5*, *Yr10*, *SPA* a *Yr15*. V roce 2001 byla zjištěna virulence k *Yr10* a zejména SPA (Spalding prolific) a narostla také na *Yr7* a *Yr8* (Flath, Bartels 2002).

Ve Velké Británii byl poprvé zaveden gen *Yr17* v odr. Rendezvous v osmdesátých letech, byla však pěstovaná jen na malé ploše. V roce 1997 už zaujímaly odrůdy s *Yr17* zhruba 34% plochy. Virulence stoupla téměř na 100 %. Podobná situace nastala v Dánsku a o dva roky později ve Francii a Německu (Bayles *et al.* 2000).

Nejrozšířenější ve V. Británii v roce 2012 a 2013 byla rasa Warrior, poprvé zjištěná roku 2011. Překonává 11 genů rezistence. Vyznačuje se časným výskytem a vysokou agresivitou. Současně se tato rasa objevila v řadě zemí severozápadní Evropy. Pochází pravděpodobně z Číny, Indie, Pákistánu, Střední Asie. V roce 2014 se tato rasa rozšířila na východ, takže kromě Česka a Slovenska byla zjištěna také v Polsku, Maďarsku a Pobaltí. Dříve ve V. Británii převažovala rasa Solstice, která překonává 9 genů rezistence testovacího sortimentu. Další významná rasa je rasa Kranich, která se objevila nejdříve ve Švédsku, pak v Dánsku a očekává se její další šíření v Evropě. Odrůdy tritikale jsou náchylné k běžným rasám napadajícím pšenici, objevila se však také rasa velmi virulentní na tritikale, která má ale

omezenou virulenci na odrůdách pšenice. Od roku 2000 se v západní Evropě postupně vyskytovaly rasy Brigadier, Madrigal, Robigus, Oakley/Solstice, Kranich, Warrior, Tulsa PstS1/2, PstS3, rasy agresivní a neagresivní na tritikale. Za rizikovou do budoucna se považuje rasa Tulsa vzhledem k rozšiřování odrůd se stejným genetickým základem rezistence v západní Evropě.

Tab. 1 Srovnání virulence v populaci rzi v ČSR ve dvou časových obdobích

Testované odrůdy	<i>Yr</i>	1981/1982	1999/2000
Chinese 166	<i>Yr1</i>	R	R/S
Lee	<i>Yr7+</i>	R	S/R
Heines Kolben	<i>Yr6+2</i>	R/S	S/R
Vilmorin 23	<i>Yr3</i>	R/S	S/R
Moro	<i>Yr10</i>	R	R
Strubes Dickkopf	<i>Sd (Yr25)</i>	S/R	S (R)
Suwon/Omar	<i>So</i>	R/S	S (R)
Clement	<i>Yr9+</i>	R	S/R
Hybrid 46	<i>Yr3b+4b</i>	R/S	R/S
Reichersberg 42	<i>Yr7+</i>	R	S/R
Heines Peko	<i>Yr2+6 (Yr25)</i>	R/S	S/R
Nord Desprez	<i>Yr3a+</i>	S/R	S/R
Compair	<i>Yr8</i>	R	R/S?
Carsten V (<i>Yr32</i>)	<i>CV (Yr32)</i>	R/S	S (R)
Spaldings Prolific	<i>Sp</i>	R (S)	R
Heines VII	<i>Yr2+</i>	S/R	S (R)
Triticum spelta	<i>Yr5</i>	R	R
Kalyansona	<i>Yr2+6</i>	-	S/R

R/S, S/R - První údaj ve zlomku vyjadřuje převládající reakci izolátů rzi, údaj v závorce znamená nejednoznačnou reakci.

1.6. Agresivita rzi plevové

Zvýšená agresivita rasy rzi se projevuje tím, že rez se rychleji množí a vyvolává větší škody než běžné rasy. Příznakem vyšší agresivity mohou být např. delší léze, v nichž patogen sporuluje (Priestly, Doling 1974). Agresivní izoláty mají kratší inkubační (latentní) dobu a produkují větší množství urediospor. V roce 2000 byl v severní Americe (Milus *et al.* 2006) zjištěn klon rzi, který měl nejen kratší inkubační dobu, ale i vyšší procento klíčivosti urediospor. Vyšší agresivita se projevovala především za vyšší teploty (18 °C). Různá procenta klíčivosti urediospor různých izolátů za různých teplot prokázali Volin a Sharp (1973). Za nejvyšší teploty (20°C) klíčily pouze urediospory dvou nejagresivnějších izolátů. Dříve se za optimální teploty pro klíčení urediospor považovalo rozmezí 8-12 °C, za optimum pro infekce 8°C. Nicméně bylo známo, že rez plevová se vyskytuje i v subtropích. Na možnost adaptace k vyšším teplotám upozornil již Urban (1969). Milus *et al.* (2009) došel k závěru, že zvýšená agresivita je hlavní příčinou rozšíření rzi plevové v posledních letech

v Severní Americe. Dalším faktorem, který podmínil zvýšenou škodlivost rzi plevové po roce 2000 je adaptace k vyšším teplotám.

1.7. Epidemie a trvanlivost rezistence

K faktorům, které ovlivňují epidemii, patří kromě geneticky podmíněné rezistence nebo náchylnosti rostlin, stav živin v rostlině (rostliny při vyšších dávkách dusíkatých hnojiv jsou náchylnější), hustota porostu, podíl náchylných odrůd v určitém areálu a doba počátečního napadení ve vztahu k vývoji rostliny a průběhu počasí - teplota, vzdušná vlhkost, srážky, převládající větry. Ze strany patogena je podmínkou pro vznik epidemie přítomnost virulence v populaci rzi k rozšířeným odrůdám, dostatečný zdroj inokula v optimální době pro infekci pšenice a optimální podmínky (průběh počasí) pro infekci a šíření rzi v dané oblasti. K prostorovému šíření rzi slouží nejen vzdušné proudy, ale přispívá i lidská činnost, zejména intenzivní pohyb zboží a osob uvnitř i mezi kontinenty, jímž mohou být přenášeny i urediospory rzi. Epidemie rzi většinou souvisejí s výskytem nových ras překonávajících geny rezistence v pěstovaných odrůdách případně ras majících vyšší agresivitu.

V sedmdesátých letech byla překonána rezistence podmíněná genem *Yr2*, koncem osmdesátých let genem *Yr9*, od devadesátých let genem *Yr17* a v nedávné době genem *Yr27*, významným v severní a západní Africe a na Středním Východě. Názorný příklad vzniku epidemií je ztráta účinnosti genu *Yr17*. Odrůdy s *Yr17* se začaly v severozápadní Evropě pěstovat v 80- 90. letech. Rezistence ztratila účinnost v roce 1994, kdy se objevila nová rasa ve Velké Británii, roku 1997 byla epidemie v Dánsku a Francii, 1998 v Německu.

Epidemické výskyty rzi plevové v Českých zemích byly v letech 1898, 1904, 1911, 1912, 1914 (Hassebrauk, 1965), v bývalém Československu v období 1923-1926, v roce 1961 (Benada 1963) a několika následujících letech, v roce 1977 (Slovenčíková, Bareš 1978), 1999 a několika následujících letech (2001-2003), a v roce 2014 a 2015.

Souvislost epidemií v českých zemích se sousedními státy ukazují tamní údaje o epidemiích. Shoda s údaji pro Německo byla v letech 1904, 1911, 1914 a s obdobím 1923-1926. Se silným výskytem rzi plevové v Rakousku byla shoda v letech 1898, 1914 a 1925. V Polsku byl silnější výskyt rzi plevové v roce 1925. Od roku 1958 se výskyt rzi plevové zvyšoval a maxima dosáhl v letech 1959 a 1961 (Hassebrauk, 1965). Rovněž v druhé polovině minulého století a v tomto století navazovaly silné výskyty u nás na epidemie západoevropské. Zadoks (1961) shrnul údaje o epidemiích rzi převážně v Evropě od roku 1794 do roku 1960 a studii doplnil údaji o nejvíce napadených významných odrůdách a intenzitě výskytu.

Inokulum rzi plevové se k nám většinou dostávalo za západní Evropy. To potvrzuje i výskyt podobných patotypů rzi. Např. v šedesátých letech minulého století byly u nás zjištěny rasy 3/55, 54 a rasa podobná rase 8, která způsobila v západní Evropě kalamitu již v padesátých letech. Později způsobila v Nizozemí velké ztráty rasa Clement, nazvaná po významné odrůdě, jejíž odolnost tato rasa překonávala. Zmíněná odrůda měla tak zvanou „žitnou rezistenci“, gen rezistence *Yr9* na translokaci 1BL.1RS. Virulence ke genu *Yr9* byla u nás poprvé zjištěna už roku 1983 a převládla v roce 1988. Naštěstí mnoho odrůd s touto rezistencí mělo i další geny odolnosti ke rzi plevové, které zůstaly účinné. Epidemie na přelomu století postihla několik významných odrůd. Z genů rezistence na translokaci 1BL.1RS na níž jsou lokalizovány 3 geny rezistence ke rzi (*Yr9*, *Lr26* a *Sr31*) a 1 gen rezistence k padlí travnímu (*Pm8*), byl již v šedesátých letech překonán gen rezistence k padlí *Pm8* a rovněž v r. 1960 byla u nás již zjištěna virulence ke genu rezistence ke rzi pšeničné *Lr26*, která převládla v roce 1972. Gen rezistence ke rzi travní *Sr31* zůstává dosud v celé

Evropě účinný, virulentní rasa však byla zjištěna v roce 1999 v Ugandě (Ug99), která se šíří z Afriky na východ a působí velké ztráty.

Epidemie 2014

V roce 2014 došlo k mimořádně časnému a silnému výskytu rzi plevové v západní Evropě, postižena byla i Česká republika, Rakousko, Maďarsko, Švýcarsko. V Rakousku byla rez plevová zjištěna již počátkem dubna i v oblastech sousedících s Českou republikou např. na Moravském poli, v okolí Vídně, dále v oblastech Waldviertel; předhůří Alp, a v dolním a horním Rakousku. Zde byly rzi napadeny i některé odrůdy registrované v ČR. Mezi ohrožené patřily Eurofit, Hewitt, JB Asano a Kerubino, odr. Akteur byla zařazena mezi středně až více náchylnými (Bauern Zeitung, 11.4. 2014). Rez plevová se v Rakousku vyskytovala i na tritikale, napadeny byly i dřívě odolné odrůdy, což nasvědčuje změně rasového spektra. V Německu bývá rzi plevovou postižena převážně jeho severní část. V roce 2014 se již v dubnu vyskytla i v Porýní a v Baden-Württemberg, kde se v jiných letech objevuje jen zřídka. Jako zvlášť náchylné odrůdy (registrované také v ČR) se ukázaly Akteur, JB Asano, Manager a Hermann. Napadeny byly zejména porosty pšenice s brzkým výsevem a pod vyššími dávkami dusíkatých hnojiv (Badische Bauern Zeitung, 17. 11. 2014).

1.8. Ztráty působené rzi plevovou

Údaje o ztrátách vlivem rzi plevové v nedávné době shrnul *Hovmøller et al.* (2008).

V USA činí ztráty vlivem rzi plevové ročně přes milion tun od roku 2000 a v roce 2003 dosáhly 2,4 milionů tun přesto, že se zvýšilo používání fungicidů. V Číně kolísaly ztráty ve třech letech epidemie mezi 1,8 a 6 miliony tun. V roce 2009 dosáhla epidemie rzi plevové vrcholu v severní Africe a ve střední a západní Asii, kde 90 % nejvýznamnějších odrůd bylo náchylných ke rzi plevové. Rez plevová může způsobit vážné škody i na ječmeni, škody se uvádějí jak v Evropě, tak v Americe. Rez plevová může rovněž napadat žito, epidemie na žitě se však v posledních letech vyskytovaly zřídka, významnější bylo napadení tritikale.

Škody v ČR v roce 1963, kdy byla silně napadena zejména tehdy perspektivní odrůda Diana, dosahovaly 23 - 42% (Benada 1965).

V roce 2014 byly sledovány výnosové ztráty v pokusech s chemicky ošetřenými a neošetřenými parcelami na šlechtitelské stanici Selgen – Stupice (Horčíčka *et al.* 2015).

Tab. 2 Hodnocení provokačních testů rzi plevové v obdobích 2008-2014 na ŠS Stupice.

Ročník	Průměr
2008-2010	8,1
2011-2014	6,4

Testování odolnosti ke rzi plevové probíhalo u stávajících odrůd a linií v rámci novošlechtění v provokačních (infekčních) testech tzv. fytošolkách i v polních testech bez záměrné infekce. Umělá infekce ve fytošolkách se provádí od přelomu března a dubna až do začátku května. Srovnání údajů z let 2008-2010 s údaji z let 2011-2014 (Tab. 2) ukázalo nárůst průměrného napadení ze stupně 8,1 na 6,4 (dle stupnice ÚKZÚZ 1-9).

U odrůd s nízkým napadením rzí plevovou (polní bonitace 7 - 9) se v roce 2014 potvrdila zanedbatelná redukce jejich výnosu. Ze sledovaného souboru odrůd do této skupiny lze zařadit odrůdy Turandot, Sultan, Julie, Elly, Vanessa a linie SG-S 1040-13. U těchto odrůd došlo k malému snížení výnosu, oproti ošetřené variantě a rozdíl činil do 10 %. U odrůd Seladon, Bohemia, Carmina a Annie došlo k redukci jejich výnosu okolo 20 %. Redukce výnosu přibližně 45 %, s vysokým stupněm napadení rzí plevovou, byla zjištěna u odrůd Fermi (2) a Granny (2). Nejvyššího snížení výnosu neošetřené varianty oproti variantě ošetřené bylo zjištěno u linií ST 2098 (1) a ST 2099 (1). Výnosy se u nich pohybovaly na úrovni 3-4 tuny z hektaru, se snížením výnosu 68 %, resp. 76 % (Tab. 3).

Průměr výsledků bonitací testovaných odrůd v polních podmínkách, bez umělé infekce činil 5,7. Oproti provokačním testům s umělou infekcí, kde bylo dosaženo průměru 4,7. Průměrný výnos neošetřené varianty byl 9,6 tun z hektaru, naproti ošetřené variantě, kde bylo dosaženo výnosu 13,1 tun z hektaru. To činí přibližně rozdíl 3,5 tuny z hektaru, což odpovídá redukci výnosu o 27 %.

Tab. 3 Vliv napadení rzí plevovou na výnos ozimé pšenice na ŠS Stupice v roce 2014 (1 = náchylná odrůda, vysoké napadení, 9 = rezistentní odrůda, bez výskytu infekce).

Odrůda	Průměrné napadení (9-1)		Výnos t/ha		Redukce výnosu	
	Polní	Fytoškolka	Neošetřená varianta	Ošetřená varianta	t/ha	%
SG-S1040-13	9	8	13,1	14,6	1,5	10,1
Annie	9	5	11,1	13,4	2,3	17,2
Elly	9	5	12,6	13,4	0,9	6,5
Sultan	9	6	12,3	12,5	0,3	2,3
Julie	8	5	12,5	12,6	0,1	0,8
Bohemia	7	5	11	12,7	1,8	13,9
Seladon	7	6	11,9	15,4	3,6	23,1
Turandot	7	6	11,8	12,9	1,1	8,5
Vanessa	7	7	12,1	13,7	1,6	11,7
Carmina	6	6	10,1	12,3	2,2	17,9
Granny	2	2	5,3	9,7	4,4	45,6
Fermi	2	2	7,2	13,8	6,6	47,7
ST 2099	1	1	2,9	12,5	9,6	76,8
ST 2098	1	1	4,3	13,6	9,3	68,3
Průměr	5,7	4,7	9,6	13,1	3,5	27,0

*ST 2098 (Fermi*Inspiration), ST 2099 (Dafne*Caroll)

Při rozdělení odrůd do skupin dle stupně napadení (R – skupina odrůd se stupněm napadení 7-9, MR-MS - odrůdy se stupněm napadení 4 - 6, S - odrůdy se stupněm napadení 1-3) se jeví, že odrůdy s nízkým napadením měly průměrný výnos v neošetřené variantě 11,7 tun z hektaru, oproti 13,1 tuny z hektaru ve variantě ošetřené. Redukce výnosu u této skupiny činil 12,7 %. Zde se projevil efekt nízkého napadení rostlin patogenem. Naopak u skupiny

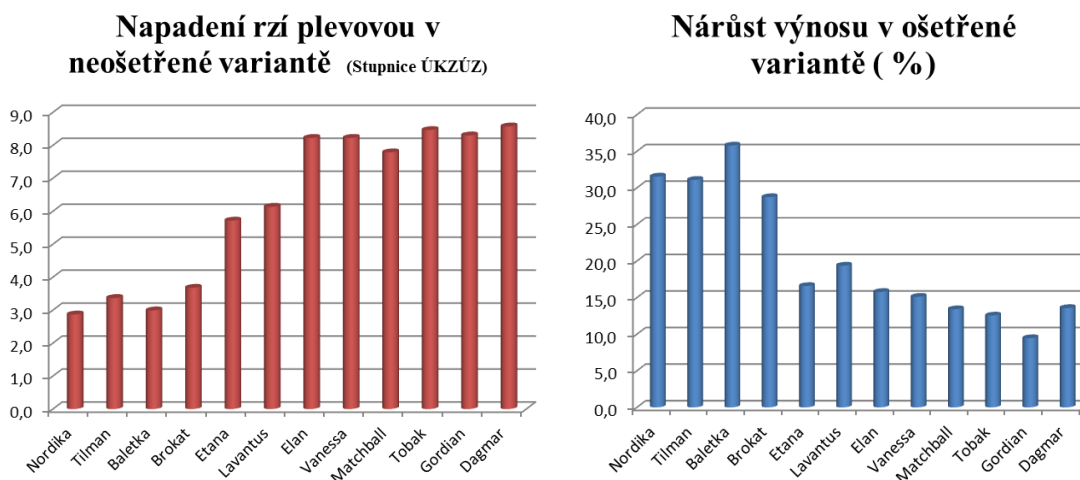
odřůd s vysokým napadením (1-3) byl celkový průměr bonitací 1,8. To se výrazně projevilo na redukcí výnosu u těchto odřůd. V neošetřené variantě výnos klesl na úroveň 5,5 tun z hektaru. Redukce výnosu činila 55 % (Tab. 4) (Horčíčka *et al.* 2015).

Tab. 4 Vliv odolnosti odřůd ozimé pšenice ke rzi pleťové na výnos (ŠS Stupice, 2014)

Odrůdy		Průměrné napadení	Výnos t/ha		Redukce výnosu	
			Neošetřená varianta	Ošetřená varianta	t/ha	%
R	7-9	8,0	11,7	13,4	1,8	12,7
MR-MS	4-6	4,5	8,9	13,5	4,6	33,8
S	1-3	1,8	5,5	12,4	6,9	54,9

R – skupina odřůd se stupněm napadení 7-9, MR-MS - odřůdy se stupněm napadení 4-6, S- odřůdy se stupněm napadení 1-3

Graf 1 : Srovnání napadení rzi pleťovou s výnosem odřůd



1.9. Odrůdová odolnost a šlechtění na odolnost

Teoretický základ pro šlechtění na odolnost ke rzi pleťové položil Biffen (1905), který prokázal v pokusech s kříženci odolné a náchylné odřůdy, že rezistence se dědí podle Mendelových pravidel dědičnosti. To se týká major genů, které se označují symbolem *Yr* (Yellow rust) a číslem. Geneticky založenou odolnost ke rzi pleťové však řídí nejen geny s velkým účinkem (major geny), ale i geny s malým účinkem (minor geny). Většina major genů podmiňuje odolnost účinnou po celou vegetační dobu rostliny. Některé major geny jsou však účinné až u dospělých rostlin. Opačná situace, odolnost mladých rostlin a náchylnost dospělých rostlin je výjimečná. Exprese genů účinných jen v dospělosti více podléhá vnějším vlivům zejména počasí a bývá nižší než u genů účinných již od klíčící fáze. Rezistence

v dospělosti však bývá trvanlivější. Expresí genů rezistence může být v kombinaci s dalšími geny modifikována, zvýšena nebo snížena či vůbec inhibována.

Odolnost v dospělosti většinou řídí komplex minor genů. Tento typ odolnosti je zvláště významný proto, že zamezí šíření rzi v období rozhodujícím pro výnos, ale nepodporuje případnou selekci virulence k dané odrůdě v ranějších fázích vegetace. Hlavní výhodou polygenně založené odolnosti bývá její nespecifičnost a s tím související trvanlivost. Její účinnost byla u nás ověřena v šedesátých letech minulého století, kdy řadu let byly povolovány jen odrůdy pšenice odolné v dospělosti v polních podmínkách. K epidemii nedošlo, přestože na menší ploše pěstované pro ranost výjimečně povolené náchylné jugoslávské odrůdy Sava a Zlatna dolina byly rzi plevovou v těžce době silně napadeny. Šlechtitelsky jednodušší je využívání major genů, jejichž účinnost je specifická, závislá na rasách rzi. Její trvanlivost je omezená dobou než se rozšíří k danému genu virulentní rasa rzi. V současné době se ve šlechtění na odolnost klade důraz na trvanlivost rezistence, tedy její dlouhodobou účinnost nepodléhající častým změnám virulence v populaci rzi. Nejde ovšem o nový přístup. Např. odrůda Camp Rémy, jejíž jeden rodič je odrůda Cappelle Desprez, zůstala ve Francii odolná 20 let (Mallard *et al.* 2005). Odrůda Cappelle Desprez, přestože byla v západní Evropě pěstována v šedesátých a sedmdesátých letech na více než 75 % plochy pšenice, nevyžadovala fungicidní zákroky proti rzi plevové. Trvanlivá odolnost této odrůdy je založena na chromozomech 2D a 5BS.

U odrůdy Camp Rémy lokalizovali Boukhatem *et al.* (2002) rezistenci u dospělých rostlin na chromozomech 2B a 2A. Geny pro specifickou rezistenci účinnou již u mladých rostlin, např. gen *Yr7*, byly v této odrůdě rovněž prokázány (Boukhatem *et al.* 2002). Mallard *et al.* (2005) prokázali podíl na rezistenci též u chromozomů 2D a 5D. Významnou roli ve šlechtění na odolnost hrálo v programu CIMMYT (Mexiko) zaměření na pomalý průběh choroby (slow rusting), což je komponent polní odolnosti. Průběh choroby v polních podmínkách nezávisí jen na rezistentní reakci a stupni napadení, ale i dalších faktorech jako je délka latentní (inkubační) doby nebo intenzita sporulace.

V České zemi na odolnost ke rzi plevové šlechtil pšenici již v prvních desítkách minulého století profesor J. Peklo. Jako zdroje odolnosti využil švédskou odrůdu Kotte Grenadier. Jeho kříženec pod jménem Bastard UP si podle Prof. Pekla udržel rezistenci nejméně 15 let. Své šlechtění popsal prof. Peklo již v roce 1918 a později v roce 1942. Avšak ještě dlouho poté vycházelo šlechtění na odolnost z empirie a bylo vesměs založeno na negativních výběrech, vyloučení náchylných rostlin/linií nebo pozitivních výběrech odolných rostlin v polních podmínkách přirozeného napadení rzi. V současné době je šlechtění na rezistenci v ČR zaměřeno na rezistenci dospělých rostlin a stále vychází z výběru v polních podmínkách.

V odrůdách pěstovaných v Československu od druhé poloviny minulého století byl nejrozšířenější gen *Yr9* (tzv. žitná rezistence, translokace segmentu žitného chromozomu 1R na chromozomu pšenice 1B nesoucí geny *Sr31* rezistence ke rzi travní, *Lr26* rezistence ke rzi pšeničné, *Yr9* rezistence ke rzi plevové a *Pm8* rezistence k padlí travnímu). Obsahovaly je odrůdy Kavkaz, Aurora, Solaris, Istra, Amika, Iris, Sabina, Danubia, Mironovskaja nizkoroslaja, Agra, Roxana, Selecta, Branka, Sparta, Sofia, Livia, Senta, Sida, Mona, Trane, Athlet, Windsor, Clarus, Rapsodia, Etela, Orlando. Z dalších genů rezistence měly u nás pěstované odrůdy gen *Yr2* Slavia, Odra, Hana, Vega, Siria a Tower. Odrůda Regina měla kombinace genů *Yr1*, *Yr2*, *YrCaV*, odrůda Zdar kombinace *Yr3a*, *Yr4a* a *YrCaV*, odrůda Viginta kombinace *Yr2*, *Yr3a*, *Yr4a*, odr. Rexia kombinace *Yr3a*, *Yr4a*. Kombinace genů *Yr2* a *Yr6* měly odr. Contra, Sepstra a Vlasta. Gen *Yr1* obsahovala odrůda Samara. Pathan (2008) uvedl pro odrůdu Vlada gen *Yr27*, pro odrůdu Asta *Yr1+*, Šárka *Yr6+*, pro odrůdy Rialto, Siria, Sparta *Yr9+*. Po roce 2000 byly u nás registrovány odrůdy, které měly rezistenci odvozenou od mnohoštětu (*Aegilops ventricosa*). Kromě genu rezistence ke rzi plevové *Yr17* jsou s tímto genem ve vazbě geny *Sr38* a *Lr37*. Gen *Yr17* obsahují odrůdy Rheia, Bill, Clever,

Clarus, Globus, Rapsodia, Caphorn, Biscay, Baryton, Mulan, Bakfis, Kodex, Orlando, Sultan, Nikol a další.

Uvedené údaje byly získány většinou fenotypovou analýzou, zčásti pomocí molekulárních markerů a některé byly přejaty ze zahraničních údajů. Je nutno je považovat spíše za příklady výskytu *Yr* genů v pěstovaných odrůdách než za jejich úplný výčet. Uváděné údaje nemusí být úplné, odrůdy mohou obsahovat další dosud nezjištěné geny, které mohou zajišťovat odolnost i po překonání zmíněného genu.

Geny pro specifickou rezistenci měly omezenou trvanlivost. Na příklad nejrozšířenější gen rezistence v druhé polovině minulého století, totiž *Yr9* (žitná rezistence), byl překonán do konce století, gen *Yr17*, nejrozšířenější v posledních desetiletích, je rovněž překonán, ale zůstává u nás účinný k některým rasám. I když počet u nás registrovaných odrůd s tímto genem je značný, pěstují se na poměrně malé ploše.

Údaje o odolnosti v polních podmínkách, která může být založena jak na genech odolnosti účinných již v klíčící fázi, tak na genech účinných jen u dospělých rostlin, jsou každoročně uváděny v Seznamu doporučených odrůd (ÚKZÚZ).

Pokud je odolnost podmíněna major geny účinnými od klíčící fáze rostlin, naskytá se možnost využití molekulárních markerů, jsou-li markery pro daný gen k dispozici. Totéž platí pro odolnost rostlin v dospělosti, pokud ji řídí major gen. Využití molekulárních markerů usnadňuje kombinace více genů a typů rezistence ve šlechtění. To je strategie, která má zvýšit trvanlivost rezistence.

Byla vyvinuta řada markerů pro jednotlivé *Yr* geny a jejich vývoj stále probíhá. Týkají se např. genů *Yr5*, *Yr7*, *Yr9*, *Yr10*, *Yr15*, *Yr17*, *Yr26*, *Yr28*, *Yr13*, *Yr18*, *Yr29*, *Yr30*, *Yr36* (údaje z let 2000-2006, Wellings *et al.*, 2012). Titíž autoři shrnuli údaje o lokalizaci genů rezistence *Yr1* až *Yr49*.

1.10. Mezinárodní spolupráce

Ekonomický význam rzi plevové nejlépe dokumentují četné mezinárodní akce, jejichž konečným cílem je přispět k omezení ztrát vlivem této rzi. V roce 1955 došlo v Nizozemsku k epidemii rzi plevové, která způsobila 10% ztráty sklizně. Tehdy vznikl výbor pro výzkum rzi plevové, jemuž předsedal známý fytopatolog Dr. A. J. P. Oort a od roku 1955 začal výzkum rzi plevové Dr. J.C.Zadoks. Souhrn jeho práce vyšel roce 1961 v časopise T. Pl.-Ziekten, 67:69-256. Vzhledem k úzké spolupráci s Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft se evropská konference o rzi plevové konala v Braunschweig v roce 1956. Druhá evropská konference o rzi plevové proběhla v roce 1960 v Nizozemsku ve Wageningen, v centru výzkumu této rzi. Mezinárodní spolupráce byla tehdy řízena nizozemským výzkumným ústavem IPO - *Institut voor Plantenziektenkundig Onderzoek, Wageningen* a německým ústavem Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft. Tento první rozsáhlý mezinárodní projekt průzkumu ras rzi plevové v Nizozemí začal v roce 1956 pod názvem Yellow Rust Trials Project. Projekt probíhal do poloviny osmdesátých let minulého století. Rozsáhlá sbírka izolátů rzi plevové, čítající téměř 6 000 vzorků, byla předána do Dánska, takže současný počet vzorků v dánské sbírce přesahuje 10 000.

V souvislosti se silným výskytem rzi plevové v globálním měřítku od počátku tohoto století byl v roce 2012 iniciován nový projekt pro výzkum této rzi. Projekt má trvat do roku 2016 a je zaměřen na určování fyziologických ras této rzi na pšenici a dalších obilninách převážně z Afriky a Asie, ale i z Evropy. Determinace ras probíhá v Dánsku na universitě v Aarhus na základě dohody mezi touto universitou a mezinárodními organizacemi CIMMYT a ICARDA, které na projekt přispívají. Vedoucím projektu v Dánsku je prof. M.S. Hovmøller, název

pracoviště je Global Rust Reference Center (GRRC). Výsledky pracoviště je možno nalézt na adrese www.wheatrust.org, další informace o rzích na adrese www.rustwheat.org (Jørgensen *et al.* 2010). Prof. M.S. Hovmøller organizoval již dříve mezinárodní polní pokusy se rzi plevovou v rámci Evropy, kterých se účastnila také Česká republika. Uvažuje se o projektu, který by zajišťoval jednotný výzkum ras rzi plevové hlavně v Evropě.

V informacích o mezinárodní spolupráci ve výzkumu rzi na obilninách nelze opomenout nejznámější projekt v globálním měřítku, totiž Borlaug Global Rust Initiative (BGRI), která vznikla z Global Rust Initiative a byla založená v roce 2005. Podnětem k jejímu vzniku byla nová virulentní rasa rzi travní Ug99, která byla v roce 1999 zjištěna v Ugandě a šířením východním směrem ohrožuje velkou část Asie. BGRI má nejrozsáhlejší program zahrnující epidemiologii, monitoring, determinaci ras, odrůdovou odolnost, vyhledávání zdrojů rezistence i šlechtění rezistentních odrůd a množení osiva rezistentních odrůd a odbornou vzdělávací činnost.

V rámci FAO existuje Wheat Rust Disease Global Programme, který je napojen přímo na vládní organizace jednotlivých zemí a tak doplňuje činnost výše zmíněných organizací.

Tyto organizace mají ročně přispívat na tento projekt částkou 20 000 USD v rámci jiného projektu, rovněž zaměřeného na rzi pod názvem Rostfight.

Na jaře roku 2014 se v Izmiru (Turecko) konalo 2. mezinárodní sympozium o rzi plevové s následující tematikou: průzkum, sledování a monitorování výskytu rzi, dynamika populací rzi, genetika rezistence ke rzi plevové, konvenční a molekulární metody šlechtění na trvanlivou rezistenci, distribuce osiva odolných odrůd. V červenci r. 2015 se konala mezinárodní konference o obilních rzích a padlí “14th International Cereal Rusts and Powdery Mildews Conference“, kterou organizoval v Dánsku M.S. Hovmøller v rámci organizace European and Mediterranean Cereal Rusts Foundation.

Účastníci konference pocházeli z 31 zemí a zabývali se globální problematikou obilních rzi a padlí travního, populační biologií a epidemiologií, buněčnou a molekulární biologií a genomikou, šlechtěním a genetikou rezistence a komplexní ochranou. Hlavní referáty z konference, případně jejich abstrakty, jsou dostupné na následující adrese

<http://emcrf.au.dk/icrPMC2015/sessions-and-presentations/>.

2. Ochrana

2.1. Ochrana proti rzi plevové v ČR šlechtěním na odolnost

Předpokladem úspěšného šlechtění na odolnost je dostupnost a výběr vhodných zdrojů rezistence. K tomuto účelu slouží mezinárodní kruhové testy (ring test), v nichž se na různých místech a v různých podmínkách zjišťuje zpravidla při přirozeném výskytu chorob pšenice její odolnost. V pokusech jsou zařazeny zkoušené odrůdy nebo linie a kontrolní odrůdy. Účelem těchto pokusů je umožnit výběr zdrojů rezistence na většině pokusných lokalit, tedy odolných k většině ras původců chorob, které se na pokusných místech vyskytují. Nejznámější mezinárodní pokusy probíhají v světovém programu CIMMYT. V rámci České republiky probíhají rovněž kruhové testy na výběr zdrojů rezistence, který je organizován v rámci šlechtitelských pracovišť Selgen, a.s., R.A.G.T. Czech s.r.o. Branišovice, Limagrain, s.r.o. Hrubčice a VÚRV Praha - Ruzyně. V těchto kruhových testech se dle jednotné metodiky v umělé infekci vyhledávají zdroje kombinované rezistence k nejrozšířenějším listovým a klasovým chorobám pšenice (ke rzem, fuzariózám, listovým skvrnitostem, padlí travnímu a viru BYDV – virus žluté zakrslosti ječmene).

Zdroje odolnosti jsou získávány také sběrem planých druhů příbuzných pšenici v oblastech jejich přirozeného výskytu v rámci programů genové banky.

2.2. Odolnost registrovaných/doporučených odrůd ke rzi plevové

Údaje o aktuální odolnosti poskytují pokusy ÚKZÚZ, které spolu s výsledky pokusů Výzkumného ústavu rostlinné výroby, v.v.i. v Ruzyni jsou uváděny v Seznamech doporučených odrůd, vydávaných ÚKZÚZ. Podle této publikace i podle našich pokusů byla ke rzi plevové většina doporučených odrůd odolných nebo jen slabě náchylných. Méně odolné (slabě náchylné) byly odrůdy Akteur, Eurofit, Meritto, Samanta, Vlasta, Corsaire, Ebi, Karolinum, Rheia, Versailles, Saskia. Výskyt nových ras vedl k náchylnosti dříve odolných odrůd, jak ukazuje tabulka (Tab. 5).

Napadení sledovaných odrůd v jednotlivých letech kolísá v závislosti na klimatických podmínkách - teplotě, vlhkosti, průběhu počasí, množství inokula aj. To se projevuje především u středně odolných odrůd, kde lze zaznamenat největší výkyvy v hodnocení v jednotlivých letech. Vzhledem k nedávnému výskytu nových ras s odlišnou virulencí nejsou k dispozici úplné údaje o odrůdové odolnosti k těmto rasám.

Srovnání úrovně rezistence odolné a náchylné odrůdy



Tab. 5 Rozdíly v hodnocení některých odrůd v letech 2012 a 2014

Odrůda	2014	2012
Seladon	8	8
Aladin	5	9
Elan	9	9
Sailor	5,5	9
Evina	8	9
KWS Ozon	9	9
Vanessa	7,8	8
Turandot	7,9	9
Matchball	9	9
Fakir	9	8
Fabius	5,5	9
Patras	9	9
Tobak	9	7
Athlon	9	9
Brokat	3,3	6,5
Lavantus	2,5	7
Zeppelin	9	9
Etana	6,5	9
Nordika	5,1	9
Tilman	2,6	4
Annie	8	6
Artist	9	9
Genius	8,3	9
Rumor	9	6
Gordian	7,4	9
Bohemia	8	9
Baletka	3,5	4
Elly	5	8
Matylda	5,8	9
Cimrmanova raná	9	9
Dagmar	7,9	7
Julie	6,8	6,5

2.3. Využívání odrůdové odolnosti a chemická ochrana

I když klasické fungicidy (např. síra) stejně jako moderní fungicidy jsou účinné proti rzím, ochrana před napadením spočívá především v rezistentním šlechtění. Při využívání odrůdové odolnosti je třeba vycházet z místních zkušeností s výskytem chorob a na ně vzít zřetel při volbě odrůd. Informace o odolnosti registrovaných odrůd podává každoročně Ústřední

kontrolní a zkušební ústav zemědělský v přehledu Seznam doporučených odrůd (<http://www.ukzuz.cz>). Ke stupni odolnosti je vhodné přihlížet i při rozhodování o aplikaci fungicidů. Ochranu slabě náchylných odrůd proti běžnému výskytu většinou zajišťuje obvyklá chemická ochrana porostů. Při vysokém infekčním tlaku a pěstování odrůd s nižší úrovní rezistence je však nutno aplikovat přípravky opakovaně. Jako účinné na rez plevovou jsou registrovány tyto přípravky (Seznam povolených přípravků a dalších prostředků na ochranu rostlin 2015).

Azoxystrobin – 4247 - 1 AMISTAR, 5212-0 AZAKA, 4247-10 MIRADOR

Azoxystrobin + Chlorthalonil - 4589-0 AMISTAR OPTI, 4589-1 ARENA

Azoxystrobin + Cyprokonazol - 4626-0 AMISTAR XTRA

Azoxystrobin + Tebukonazol - 5005-0 MIRADOR FORTE

Bixafen + Prothiokonazol + Spiroxamin - 4855-0 BOOGIE XPRO

Bromukonazol + Tebukonazol - 4900-0 SOLEIL

Chlorthalonil + Pikoxyastrobin - 4644-0 CREDO, 4644-1 PLINKER

Cyprokonazol + Penthiopyrad - 4883-0 ABRUSTA

Cyprodinil + Propikonazol – 4426 -1 AKORD, 4426-0 STEREO 312,5 EC

Cyprokonazol + Propikonazol - 4603-0 ARTEA PLUS, 4427-2 ARTEA 330 EC, 4603-1 MENARA, 4427-3 PARAGAN

Epoxykonazol - 3931-2 ADROIT, 4872-1 EPOXION, 3931-1 OPUS, 4872-0 SOPRANO

Epoxykonazol + Fenpropimorf - 3932-3 OPUS TOP, 3932-2 TANGO SUPER

Epoxykonazol + Fenpropimorf + Kresoxim-methyl - 4281-1 ALLEGRO PLUS, 4281-0 JUWEL TOP

Epoxykonazol + Fluxapyroxad - 5124-0 ADEXAR

Epoxykonazol + Isopyrazam - 4868-0 SEGURIS

Fluxapyroxad - 5127-0 SYSTIVA

Fluoxastrobin + Prothiokonazol - 4536-1 FANDANGO 200 EC

Propikonazol - 3920-1 BUMPER 25 EC, 3920-3 TENDENCY 25, 3494-3 TILT 250 EC

Prothiokonazol + Trifloxystrobin - 4656-1 DELARO

Tebukonazol - 4867-1 BOUNTY, 4867-0 SPEKFREE

3. Metody studia rzi plevové

3.1. Určování fyziologických ras

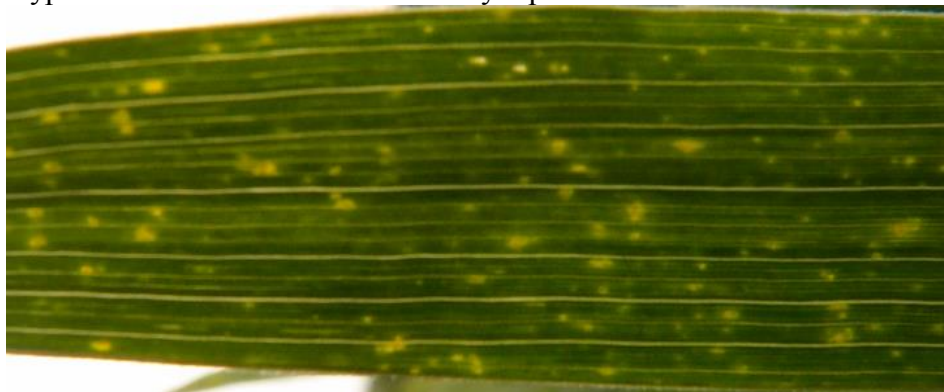
Studium virulence v populaci rzi se provádí různými způsoby podle cíle studia. Pro pouhé zjištění procenta zastoupení virulence k testovaným odrůdám, případně liniím postačí zjistit, jaké procento z testovaných vzorků reprezentující místní populaci rzi, vyvolává náchylnou reakci odrůdy/linie určené k testování. Chceme-li zjistit kombinace jednotlivých virulencí, tedy patotypy (dříve většinou označované jako fyziologické rasy), musíme nejprve získat izolát, u něhož je předpoklad genetické homogenity. U rzi je to jednokupkový, nebo lépe jednosporový izolát vzorku.

Inokulace souborů testovacích odrůd se provádí téměř výhradně ve skleníku na klíčících rostlinách, stejným způsobem jako při hodnocení rezistence. Poněvadž jsou v některých případech významné reakce dospělých rostlin, které se liší od reakcí klíčících rostlin, existují i soubory odrůd/linií, na nichž se zjišťují reakce jednotlivých izolátů rzi na dospělých rostlinách.

Kupky s uvolňujícími se urediosporami na listu náchylné odrůdy pšenice



Hypersenzitivní reakce odolné odrůdy v polním infekčním testu



3.2. Stanovování rezistence

3.2.1. Skleníkové testy rezistence

Skleníkové testy rezistence se provádějí zpravidla na klíčcích (výjimečně dospělých) rostlinách. Infikuje se 1. - 2. list rozprašením urediospor s talkem na rostliny s následným orosením a uzavřením za vysoké vzdušné vlhkosti (u rzi plevové 100%) po dobu 48 hodin, případně déle. Optimální teplota pro rez plevovou se pohybuje v rozmezí 15 – 20 °C, v průběhu inkubace i nižší. Nároky na teplotu se mohou lišit u různých ras. Optimální teploty se liší v různých fázích infekce. Napadení se zpravidla hodnotí na základě infekčních typů. Častěji než rozprašování suchých spor se používá aplikace spor ve vodní suspenzi, případně s malým množstvím netoxického smáčedla (např. Tween 20). Pokud se nepoužívá smáčedlo, je vhodné setřít voskovou vrstvu na listech infikovaných rostlin prsty. Také je možno otírat voskovou vrstvu a současně i nanášet suspenzi spor. Pro kvantitativní sledování infekcí (např. při studiu částečné odolnosti - PR) se k dosažení rovnoměrného napadení používá sedimentačních věží. Napadení se hodnotí při běžných skleníkových teplotách po 14 dnech od infekce. V ročním období s nedostatečným přirozeným světlem je nutné dosvětlování, jako

vhodný fotoperiodismus se udává 16/8 hodin. Koncentraci inokula je třeba kontrolovat u kvantitativních testů odolnosti, běžné testy nevyžadují kontrolu hustoty suspenze. Velká koncentrace spor však může způsobit horší rozlišení infekčních typů.

Skleníkový pokus na klíčících rostlinách v plastových válcích



3.2.2. Laboratorní testy rezistence na listových segmentech

Skleníkové testy lze nahradit zkoušením v laboratorních podmínkách na listových segmentech. Segmenty, řezané zpravidla z čepele druhého listu zkoušené odrůdy, jsou umístěny v Petriho miskách, nebo k tomu zvláště upravených plastových miskách se septy na vodní agar s obsahem benzimidazolu (na 1000 g sacharózy/ 1l vody a 50 p. p. m. benzimidazolu). Jsou infikovány urediosporami vybrané rasy rzi (nasáváním z jedné pustule a vyfukováním na připravené segmenty). Infikovaný materiál je umístěn v klimaboxu s řízeným světelným a teplotním režimem. Symptomy se vyvíjejí u rzi plevové déle než u rzi pšeničné, takže listové segmenty musí vydržet zelené po delší dobu, jinak je hodnocení obtížné a nespolehlivé.

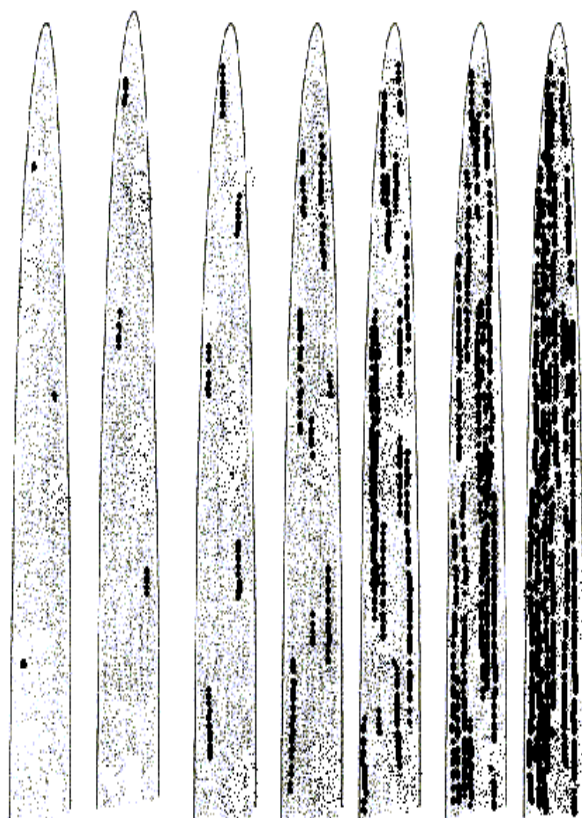
3.3. Zkoušení virulence rzi a odrůdová odolnost v polních podmínkách

Virulenci k jednotlivým genům rezistence lze sledovat i v polních testech, zaměřených na zjišťování aktuálního stavu virulence v přirozených podmínkách. Téměř izogenní linie s různými geny rezistence jsou vysévány do polního pokusu a jsou vystaveny přirozené infekci. Ke srovnatelnému hodnocení napadení rzi plevovou v polních podmínkách je u nás používána devítibodová stupnice ÚKZÚZ, kde stupněm 9 je hodnocena zcela rezistentní reakce hostitele, stupněm 1 napadení 80 – 90 % listové plochy rostliny. Tato stupnice je také užívána pro hodnocení ve státních odrůdových zkouškách a zachycuje především procenta napadení listové plochy rostliny a schopnost choroby pronikat do vyšších rostlinných pater.

Stupnice hodnocení rzi plevové v pokusech ÚKZÚZ

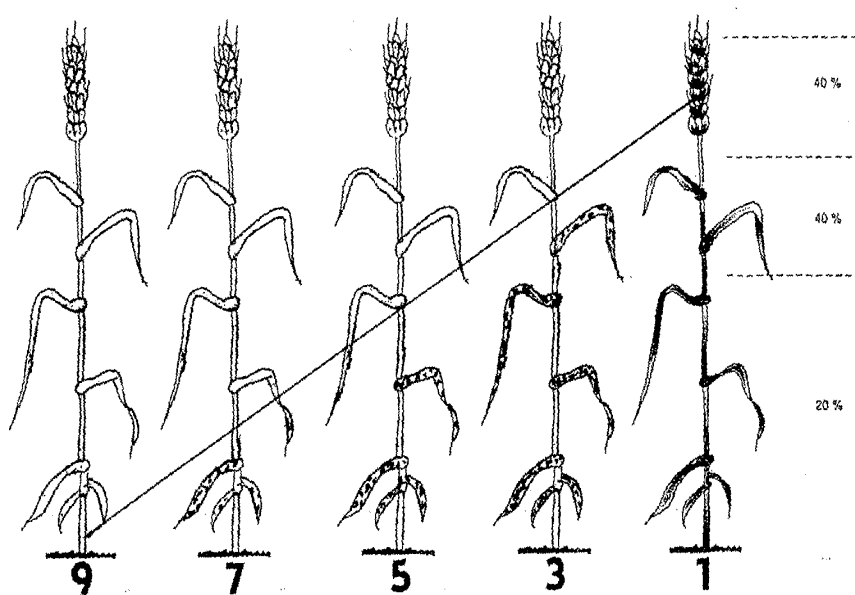
stupeň	popis
9	bez napadení
8	na ojedinělých rostlinách izolované drobné kupky s chlorózami a nekrotizacemi okolo sebe
7	ojediněle několik drobných kupek na jednom listu na rostlině pokrývající méně než 1 % listové plochy
6	drobnými kupkami pokryto méně než 3 % plochy listů na jednotlivě rozptýlených rostlinách, kupky se začínají spojovat do drobných proužků
5	napadení listové plochy do 5 %, normální tvorba kupek s chlorózami, kupky tvoří proužky, napadené rostliny jsou v ohniscích
4	napadení listové plochy do 15 %, je již napaden i některý ze 3 nejvýše položených listů tvorba kupek s hojnou sporulací a malými chlorózami, zasychají špičky nejvíce napadených listů
3	napadení listové plochy do 25 %, jsou napadeny prakticky všechny rostliny a téměř všechny listy, kupky i na klasech, listy odspodu usychají
2	napadení listové plochy do 50 %, kupky rzi i na plevách, bez chlorotických skvrn, silné usychání listů
1	napadeno více než 50 % listové plochy, proužky splynuly, listy usychají, silné napadení plev

Procenta napadení listové plochy rži plefovou (Metodika ÚKZÚZ, 2005)



1 % 3 % 5 % 15 % 25 % 50 % 75 %

Hodnocení rži plevové dle rozvoje šíření (Metodika ÚKZÚZ, 2005)



V polních podmínkách jsou zároveň vysévány materiály s vyšší potenciální úrovní rezistence, nebo vysokými hospodářskými parametry. Pro hodnocení odrůd a liniového materiálu je využíváno hnízdových a zejména řádkových výsevů, které umožňují přesné setí a tedy i lepší posouzení rozdílů reakcí na infekci patogenem. Je vhodné pro výběry rezistentních materiálů, nevýhodou je silnější ovlivnění mezi jednotlivými řádky, tento efekt se částečně eliminuje víceřádkovými výsevy. Nejčastěji se používá dvou nebo třířádkových výsevů o ploše 0,42 x 1m, respektive 0,63 x 1m, u infekčních pokusů jsou řádky rozdělené náchylnou odrůdou, parcelky pak mají velikost 0,42 x 0,5m, respektive 0,63 x 0,5m. Pokusy by měl mít nejméně 2 opakování se znáhodněním pokusných členů. Do pokusů je potřeba včlenit kontrolní odrůdy s ověřenou rezistentní a náchylnou reakcí. Pokusy je vhodné izolovat, pro omezení masivního šíření rzi mimo plochu pokusu, obsevem vyšší odolnou odrůdou pšenice. Často se pro tyto účely využívá tritikale nebo žito, je požadován nejméně dvouřádkový obsev.

Z kombinace výsledků z polního hodnocení a skleníkových testů lze získat objektivní informaci o rezistenci zkoušeného materiálu, zejména rozlišení odolnosti účinné po celou vegetaci od odolnosti účinné jen u dospělých rostlin (APR).

Polní pokusy se rzemi mohou probíhat v podmínkách přirozené nebo umělé infekce. Při výsevu testovacích linií/odrůd s různými geny odolnosti se v přirozených podmínkách sleduje virulence v místní populaci patogena. Při výsevu odrůd a šlechtitelského materiálu se sleduje odolnost k aktuální populaci rzi v dané lokalitě. Na pokusech se neprovádí umělá infekce, ale přirozený výskyt rzi je podporován výsevem náchylné odrůdy mezi testovaný materiál. Tímto způsobem probíhají mezinárodní pokusy, z nichž nejznámější jsou pokusy organizované mezinárodní organizací CIMMYT. Pokud přirozený výskyt nebývá v dané lokalitě dostatečně silný, podporuje se v pokusech inokulací řádků náchylné odrůdy (spreadera) pravidelně rozmístěné v pokusu. Z nich se pak infekce dále přirozeně šíří v pokusu.

Další možností je inokulace celého pokusu, která se provádí rozprášením urediospor ve směsi s inertní látkou, např. talkem, a to zpravidla večer, kdy se předpokládá vznik rosy nebo mlhy. Spolehlivější metodou je postřik urediosporami v suspenzi netoxického oleje, který zajišťuje lepší ulpění na listech. Spolehlivost infekce se zvyšuje přikrytím infikovaných řádků fólií, jež zajistí vlhkost nutnou k infekci.

Velmi účinná je inokulace injekcí vodní suspenze urediospor do stébel náchylné odrůdy počátkem sloupkování. Pro zvýšení pravděpodobnosti včasného vzniku infekce i v letech pro rozvoj patogena nepříznivých se užívá ve vhodných časových intervalech kombinace jednotlivých metod. Například se urediospory rzi plevové nastříkují ve vodní suspenzi na rostliny v raných fázích vývoje, kdy se ještě nevytváří stéblo (BBCH 25-30) a pozdějších fázích růstu se používá metody infekce injekcí suspenze urediospor do stébla rostliny. Tato metoda je zvláště vhodná, jestliže dlouhodobě nejsou vhodné teploty pro inokulaci.

Jako inokulum je použito směsi urediospor různých ras množených na klíčících rostlinách ve skleníkových podmínkách. Zdrojem infekčního materiálu jsou listy pšenice napadené rzí plevovou ze sběrů z celé ČR, a to zpravidla z materiálu získaného z předchozí vegetační sezóny. Rychlým způsobem získávání inokula je vysávání urediospor speciálním ručním vysavačem s cyklónem přímo z listů pšenice. V polních podmínkách je vhodné tuto metodu používat v období sucha, kdy spory není třeba dosušet a je usnadněno jejich skladování a následná klíčivost. Výhodou této metody je získání velkého množství urediospor s vysokou vitalitou.

Z materiálu získaného z množení ve skleníku nebo z přímých sběrů je připravena směs ras a ve vodním roztoku infikována do stébel náchylné odrůdy – spreadera. V našich pokusech je dlouhodobě používána odrůda Michigan Amber, která se kromě náchylnosti vyznačuje specifickým habitem, při bonitaci je pak nelze zaměnit s hodnocenou odrůdou. Výběr jiné

odrůdy jako spreadera pro polní infekční pokusy je možné dělat na základě její náchylnosti například v předchozí sezóně, zejména po epidemických výskytech a změně rasového spektra. Nevylučuje se ani kombinace náchylných odrůd pšenice, nebo náchylné odrůdy pšenice a tritikale. Z infikovaného spreadera se pak infekce přirozeně rovnoměrně šíří na zkoušené materiály.

Pro rez plevovou je zvláště důležitá včasná infekce na jaře. Hodnocení probíhá v několika termínech dle rozvoje choroby s použitím stupnice ÚKZÚZ. Pokud je k dispozici více údajů během vegetace, je možno využít výsledků ke zpracování metodou AUDPC (Area Under the Disease Progress Curve), která charakterizuje průběh choroby.

Polní infekční pokus se rží plevovou, rozvinutá infekce na náchylné odrůdě (spreadera), Praha- Ruzyně, 2015



3.4. Testy pomocí molekulárních markerů a jejich využití ve šlechtění

Významným přínosem pro studium rží a šlechtění na rezistenci se v posledních desetiletích staly metody molekulární genetiky. Analýzy DNA spor rží umožňují populační studie a epidemiologické studie přenosu rží. Identifikování specifických genů virulence molekulárními

metodami, tak jak je to již běžné s markery pro geny rezistence, je významným cílem výzkumu.

Ve šlechtění na rezistenci (MAS – Marker Assisted Selection) se uplatňují molekulární markery pro některé geny rezistence pšenice ke rzi již několik desítek let. Využití molekulárních markerů ve šlechtění usnadňuje přenos recesivních genů, umožňuje kumulaci genů, ověření přítomnosti známých genů rezistence v rostlinném materiálu zvláště při kumulaci genů nebo genů s účinností v dospělosti. Molekulární metody jsou vhodné zejména tehdy, když jsou přímé infekční metody pro zjišťování přítomnosti genů rezistence časově a technicky náročné.

3.5. Sběr a uchovávání inokula

Vzorky rzi pro testy se uchovávají na vysušených listech získaných z různých lokalit. Spory mohou zůstat klíčivé několik měsíců. Před inokulací spor ze suchých listů se doporučuje listy hydratovat na vlhkém filtračním papíru. Ve skleníku se spory z jednotlivých kupek nebo listů odsávají cyklonovým separátorem a hromadí v připojené zkumavce, nebo se pouze sklepávají z listů přímo do zkumavky, do níž se napadený list před setřásáním vloží. Výhodou cyklonových separátorů je možnost je přímo využít pro infekci, nevýhodou je nutnost sterilizace před každým použitím.

Sebrané urediospory zachovávají klíčivost několik měsíců až rok při uložení v běžné chladničce (cca při 5 °C), doporučuje se zároveň uložení v exsikátoru.

K dlouhodobému ukládání jsou určeny urediospory se známou virulencí (patotypy). Před uložením jsou vysušeny na cca 20 % své hmotnosti a poté umístěny do mrazových boxů do teploty -80 °C. Dříve využívaná metoda ukládání do vakua v zatavených ampulích byla vesměs nahrazena ukládáním v ultranízkých teplotách či v tekutém dusíku.

Pro pokusy se spory množí na univerzálně náchylných odrůdách (např. Michigan Amber). Pro genetické studie se zpravidla užívají monosporické izoláty. Jednoduchou metodou k získávání takových izolátů je zachytávání jednotlivých spor jehlou nebo vlasem v násadce a přenosem na izolovanou rostlinu nebo listový segment v Petriho misce. Místo přenosu se označí barvou nebo vpichem a rostlina se inkubuje jako při jiných infekčních pokusech. Ve většině testů se však užívá monopustulových izolátů. Po infekci vzorkem rzi se po objevení prvních symptomů (chlorózy) odděluje z listu segment s jedinou chlorózou a dále se kultivuje v uzavřené Petriho misce na vodném agaru, vodě nebo roztoku benzimidazolu. Izoláty se pak dále množí obvyklým způsobem na náchylné odrůdě. K zvýšení produkce spor se do půdy přidává maleinhydrazid (100-400 mg/l l vody, 100 ml roztoku se aplikuje na půdu v kořenáči, jakmile jsou koleoptile 2-5cm dlouhé). Maleinhydrazid prodlužuje fázi prvního infikovaného listu, na němž se rez množí. Výtěžnost spor je možno tímto způsobem zvýšit třikrát až pětkrát.

3.6. Zjišťování genů rezistence

3.6.1. Fenotypová analýza

Fenotypová analýza je založena na srovnání reakcí analyzované odrůdy s téměř izogenními liniemi s různými jednotlivými geny rezistence k souboru ras rzi s různými virulencemi. Shoda reakcí s určitou téměř izogenní linií naznačuje přítomnost téhož genu ve studované

odrůdě. Čím větší počet různých ras rzi se použije k inokulaci, tím spolehlivější jsou výsledky. Analýza je komplikovanější při přítomnosti více genů rezistence ve studované odrůdě, kdy je reakce třeba srovnávat s kombinovanými reakcemi různých téměř izogenních linií. Získané výsledky se doporučuje ověřit hybridologickou analýzou, případně molekulárními markery.

3.6.2. Hybridologická analýza

Běžná hybridologická analýza genů rezistence spočívá v křížení analyzované odrůdy s téměř izogenní linií, případně více liniemi, u nichž se předpokládá shodný gen rezistence s analyzovanou odrůdou. V F_2 generaci se zjišťuje, zda budou všechny rostliny rezistentní po inokulaci rasou avirulentní k oběma komponentům křížení. Pokud je celá populace F_2 rezistentní, je možné předpokládat shodu genů rezistence. Pokud vyštěpí náchylné rostliny v poměru 1 náchylná 15 odolných, lze předpokládat dva různé dominantní geny rezistence. Při třech různých dominantních genech rezistence v analyzované odrůdě je poměr náchylných rostlin k rezistentním 1 : 63. Analýza je složitější při různých genetických interakcích, např. supresory genů rezistence. Čím větší je analyzovaná F_2 populace, tím jsou výsledky spolehlivější. Výsledky se doporučuje ověřit v F_3 generaci.

3.6.3. Molekulární markery

Vývoj markerů pro geny rezistence ke rzi plevové stále probíhá. Bylo zjištěno více než 60 genů rezistence, z toho přes 40 identifikováno a řada z nich zmapována. Markery jsou různých typů (RAPD, RFLP, AFLP, ROAP, nejčastější je SRS). Počet popsanych markerů se počítá na desítky. Ve VÚRV, v.v.i. v Ruzyni bylo použito markerů pro stanovení translokace ze žita IBL.1RS – gen *Yr9* a translokace z *Aegilops ventricosa* (mnohoštětu) - gen *Yr17* (metoda PCR). Byla vyvinuta metoda pro současnou detekci obou translokací Hanzalová *et al.* 2009; Sumíková, Hanzalová 2010).

3.7. Závěr

Kalamitní výskyty rzi plevové v roce 2014 a 2015 ukazují, že rez plevová, podobně jako další rzi, představuje stále velké nebezpečí pro produkci obilnin. Monitorování jejího výskytu v globálním měřítku, výběr stále nových zdrojů rezistence, jejich aplikace ve šlechtění a stálý průzkum virulence v populacích rzi jsou předpokladem pro prevenci proti škodám působeným rzemi na tak významné plodině jakou je u nás i v celosvětovém měřítku pšenice.

Do budoucna je pro šlechtění na odolnost perspektivní především šlechtění na komplexní rezistenci nejen ke rzím, ale i k dalším listovým a klasovým chorobám pšenice. Základem je pak hledání nových zdrojů rezistence v rostlinných druzích příbuzných pšenici, nebo výběr materiálů získaných z mezinárodních nebo českých ringtestů. Pro vyšší trvanlivost odolnosti je vhodné využívat šlechtění na různé typy rezistence, s tím souvisí i používání a kombinování nových laboratorních, skleníkových a polních metod ve šlechtění.

III. Srovnání novosti postupů a metodická doporučení pro testování rezistence pšenice ke rzi plevové

Předkládaná metodika se opírá o dlouholeté zkušenosti se studiem genetiky rezistence ke rzi, o dlouhodobou práci na determinaci fyziologických ras patogena v jeho neustále se proměňující populaci. Stojí na dlouhodobých zkušenostech s testy rezistence ke rzi plevové na pšenici v mezinárodních kruhových pokusech v programu „European yellow rust tests“ a národních kruhových testech rezistence k závažným původcům chorob pšenice.

Metodika předkládá podrobnou rešerši literárních zdrojů a přehled informací o současném i minulém výzkumu problematiky rzi plevové.

Nové závěry se dotýkají jak obecných hledisek, například struktury populací, průběhu infekce, škodlivosti a nároků patogena, tak i vlastní metodiky pokusů ve skleníkových a polních podmínkách, sběru a uchovávání inokula, výběr izolátů pro inokulace, metody infekce ve skleníku na klíčících rostlinách, infekce v polních podmínkách a metody uspořádání, vedení a hodnocení pokusů.

Nově jsou doporučeny kombinace opakovaných inokulací v polních podmínkách, a způsoby sběru urediospor, bez nutnosti přemnožování infekčního materiálu ve skleníku. Je doporučen řádkový výsev s obměnou spreadera, tj. náchylné odrůdy, která slouží k rozmnožení a rozšíření patogena v souvislosti se změnou rasového spektra populace rzi.

Detailně jsou popsány metody přípravy inokula a vlastních inokulací na klíčících rostlinách a rostlinách v dospělosti. Rovněž jsou podrobně uvedeny všechny dostupné a použitelné metody zjišťování genů rezistence pomocí fenotypové analýzy, hybridologické analýzy v kombinaci s užitím molekulárních markerů. Zcela původní je metoda současné determinace genů *Yr9* a *Yr17* molekulárními markery.

IV. Popis uplatnění certifikované metodiky

Metodika je vhodná pro aktuální potřebu šlechtitelů ke sledování nově vzniklých a šířících se patotypů rzi, ohrožujících rezistenci šlechtěných materiálů. Zároveň poskytuje možnost populačních studií rzi u nás. Uvádí přehled genů rezistence ke rzi v ČR a v Evropě, a shrnuje možnosti a metody ochrany proti rzivosti. Uvedené údaje mohou sloužit k vhodné volbě odrůdové struktury.

V. Ekonomické aspekty

Ekonomické přínosy jsou obtížně vyčíslitelné, souvisejí především s přirozeným infekčním tlakem na pěstované odrůdy pšenice. Tato metodika byla připravena v souvislosti s epidemickými výskyty rzi plevové a rozšířením nových patotypů, které se svými nároky, zejména na teplotu, odlišují od dlouhodobě převládajících patotypů. Tyto nové patotypy napadají i dříve odolné odrůdy a mohou se v porostu množit a šířit po delší dobu, než to bylo u dříve se vyskytujících ras běžné. Ekonomické přínosy lze vyčíslit rozdílem výnosu napadené odrůdy a odrůdy rezistentní, tento rozdíl je vysoký zejména v letech výskytu epidemii např. v letech 2014, 2015. Rozdíl ve výnosu při pěstování náchylných odrůd bez fungicidní ochrany dosahuje více než 50 %. Při pěstování rezistentních odrůd činí roční zisk 94 510 tis. Kč (840Kč je zisk z 1 ha).

Fungicidní ochrana je na rez plevovou účinná, ovšem při pěstování náchylných odrůd je účinnost fungicidu relativně krátká, vzhledem k období, po které se patogen v porostu šíří. Fungicidní zásahy je pak třeba aplikovat opakovaně. Selektce odrůd na rezistenci v pokusech s umělou infekcí umožní vybrat pod vysokým infekčním tlakem odrůdy s vysokou úrovní rezistence, ve skleníkových podmínkách nám metody umožní najít genotypy s různým typem rezistence. Tento výběr má význam pro snížení počtu fungicidních aplikací nejméně o 1 (což představuje úsporu cca 700 Kč/ha), dále umožní selektovat odrůdy pro ekologické zemědělství, selektovat nové materiály vhodné pro šlechtění a snížit dopady postřiku na životní prostředí, což je ekonomicky obtížně vyčíslitelné.

VI. Seznam použité literatury

Ali S., Gadieu X.P., Leconte M., Gautier A., Justesen A.F., Hovmöller M.S., DeValavielle-Pope C.(2014): Origin, migration routes and worldwide population genetic structure of the yellow rust pathogen *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici*. *PLoS Pathog*, 2014 Jan.,**10**(1): e 1003903.

Allison C., Isenbeck K. (1930):Biologische Specialisierung von *Puccinia glumarum* f.sp. *tritici*, Erikss. und Henn. *Phytopathol. Z.* **2**: 87-98.

Bartoš P., Stuchlíková E., Kubová R. (1984): Fyziologická specializace rzi plevové (*Puccinia striiformis* Westend.) v Československu v letech 1981 a 1982. *Ochr. Rostl.* **20**: 251-258.

Bayles R.A., Flath K., Hovmöller M.S., DeValavielle-Pope C.(2000): Breakdown of the *Yr17* resistance to yellow rust of wheat in northern Europe. *Agronomie* **20**: 805-11.

Biffen R.H. (1905): Mendels laws of inheritance and wheat breeding. *J. Agric. Sci.* **1**: 4-48.

Boukhatem N., Baret P.V., Mingeot D., Jacquemin J. M. (2002): Quantitative trait loci for resistance gainst yellow rust in two wheat derived recombinant inbred line populations. *Theoretical and Applied Genetics* **104**: 111-118.

Eriksson J. (1894): Über die Specialisierung des Parasitismus bei den Getreiderostpilzen. *Ber.Dtsch.Botanischen Ges.* **12**: 292-331.

Benada J. (1963): Rez plevová (*Puccinia striiformis* Westend.) na pšenících na Moravě v r. 1961. *Rostl. Výroba* **9**: 593-604.

Benada J. (1965): Rez plevová (*Puccinia striiformis* Westend.) na pšenici. *Ochr. Rostl.* **1**(2): 1-8.

Flath K., Bartels G. (2002): Virulenzsituation in österreichischen und deutschen Populationen des Weizengelbrostes. In *Bericht über die Arbeitstagung 2001 der Vereinigung der Pflanzzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs. Gumpenstein, Irdning, November 20-21, pp. 51-56.* Verlag und Druck der Bundesanstalt für alpenlandische Landwirtschaft Gumpenstein.

- Fuchs E. (1960): Physiologische Rassen bei Gelbrost (*Puccinia glumarum* (Sch.) Eriks et Henn.) auf Weizen. Nachrichtenbl. Deutsch. Pflanzenschutzd. Braunschweig **12**: 49-63.
- Gassner G., Straib W. (1932): Die Bestimmung der biologischen Rassen des Weizengelbrostes *Puccinia glumarum* f.sp. *tritici* (Schmidt/ Eriks et Henn.). Arb. Biol. Reichsanst. **20**: 141-163.
- Hanzalová A., Sumíková T. and Bartoš P. (2009): Determination of Leaf Rust Resistance Genes *Lr10*, *Lr26* and *Lr37* by Molecular Markers in Wheat Cultivars Registered in the Czech Republic Czech J. Genet. Plant Breed., **45**(2): 79–84.
- Hart H., Becker H. (1939): Beiträge zur Frage des Zwischenwirtes für *Puccinia glumarum*. Z. Pflanzenkr.(Pflanzenpathol.) n. Pflanzenschutz. **49**: 559-566.
- Hassebrauk K. (1965): Nomenklatur, geographische Verbreitung und Wirtsbereich des Gelbrostes, *Puccinia striiformis* West. Mitt Biol. Bundesanstalt Land-und Fortswirtschaft Berl. Dahlem 116: 1-75.
- Hovmöller M.S., Sørensen C.K., Walter S., Justesen A.F. (2011): Diversity of *Puccinia striiformis* on cereals and grasses. Annu.Rev. Phytopathol. **49**: 197-217.
- Hovmöller M.S., Yahyaoui A.H., Milus E.A., Justesen A.F. (2008): Rapid global spread of two aggressive strains of a wheat rust fungus. Mol. Ecol. **17**: 3818-26.
- Hungerford C.W., Owens C.E. (1923): Specialized varieties of *Puccinia glumarum*, and hosts for variety *tritici*. J. Agric. Res. **25**: 363-402.
- Jin Y., Szabo L. J., Carson M. (2010): Century-old mystery of *Puccinia striiformis* life history solved with identification of *Berberis* as an alternate host. Phytopathology **100**: 432-35.
- Johnson R., Stubs R.W., Fuchs E., Chamberlain N.H. (1972): Nomenclature for physiologic races of *Puccinia striiformis* infecting wheat. Transactions of the British Mycological Society **58**: 475-480.
- Jørgensen L.N., Hovmöller M.S., Hansen J.G., Lassen P., Clark B., et al. (2010): EuroWheat.org: a support to integrated disease management in wheat. Outlooks Pest. Manag. **21**: 173-75.
- Justesen A.F., Ridout C.J., Hovmöller M.S., (2002): The recent history of *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici* in Denmark as revealed by disease incidence and AFLP markers. Plant. Pathol. **51**: 13-23.
- Liu M., Hamblen S. (2010): Taxonomic study of stripe rust, *Puccinia striiformis* sensu lato, based on molecular and morphological evidence. Fungal. Biol. **114**: 881-99.
- Lu L., Zhang R., Wang Y., Jing J., Li Z. (2009): Virulent transgenic mutants obtained by particle bombardment transformation of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* with GUS gene. Acta Phytopathol. Sin. **39**: 466-75.

- Mains E. B. (1933): Studies concerning heteroecious rusts. *Mycologia* **25**: 407-417.
- Mallard S., Gaudet D., Abelard C., Souchille P. *et al* (2005): Genetic analyses of durable resistance to yellow rust in bread wheat. *Theoretical and Applied Genetics* **110**: 1401-1409.
- Mascher F. (2012): Gelbrost: Rückkehr einer alt bekannten Weizenkrankheit. Medienmitteilung 18. 09. 2012. Schweizerische Eidgenossenschaft, Forschungsanstalt Agroscope Changens-Wädenswil.
- Mboup M., Bahri B., Leconte M., DeValavieille-Pope C., Kaltz O.: Enjalbert J. (2012): Genetic structure and local adaptation of European wheat yellow rust populations: the role of temperature-specific adaptation. *Evolutionary applications* **5**(4): 341-352.
- Metodika ÚKZÚZ pro zkoušky užité hodnoty odrůd. Brno 2005, 37pp.
- Milus E.A., Kristensen K., Hovmøller M.S. (2009): Evidence for increased aggressiveness in a recent widespread strain of *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici* causing stripe rust of wheat. *Phytophology* **99**: 89-94.
- Milus E.A., Seyran E., McNew R. (2006): Aggressiveness of *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici* isolates in the south- central United States. *Plant Dis.* **90**: 847-52.
- Niks R.E. (1989): Morphology of infection structures of *Puccinia striiformis* var. *dactylidis*. *Neth. J. Plant Pathol.* **95**: 171-175.
- Peklo J. (1918): Jakým způsobem získati pšeničné rasy vzdorné proti rzi žluté (*Puccinia glumarum* Eriks et Henn.). *Zeměd. Arch.* **9**: 10-32.
- Peklo J. 1942: Šlechtění pšeníc proti žluté rzivosti. Vlastní pokusy a šlechtění. *Zeměd. Arch.* **33**: 503-522.
- Priestley R.H., Doling D.A. (1974): Aggressiveness of *Puccinia striiformis* isolates on wheat cultivars. *Trans. Br. Mycol.Soc.* **36**: 549-57.
- Rodriguez-Algaba J., Walter S., Sørensen C.K. , Hovmøller M.S., Justesen A.F. (2014): Sexual structures and recombination of the wheat rust fungus *Puccinia striiformis* on *Berberis vulgaris*. *Fungal Genet. Biol.* **70**: 77-85.
- Seznam povolených přípravků a dalších prostředků na ochranu rostlin 2015: In: Věstník ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského. Řada: Odbor přípravků na ochranu rostlin, No. XII/1.
- Slovenčíková V. (1968): Fyziologické rasy rzi plevové na pšenici, zjištěné v ČSSR v letech 1964-1966. *Ochr. Rostl.* **4**(2): 89-96.
- Slovenčíková V. (1971): Poznatky o patogenitě rasy 8B rzi plevové zjištěné v Československu. *Ochr. Rostl.* **7**(1): 1-4.
- Slovenčíková V. (1980): Výskyt ras *Puccinia striiformis* v Československu v letech 1977-1978. *Ochr. Rostl.* **16**: 191-197.

Slovenčíková V., Bareš I. (1978): Epidemic of stripe rust in Czechoslovakia in 1977. *Cereal Rusts Bull.* **6**: 15-18.

Straib W. (1935): Infektionsversuche mit biologischen Rassen des Gelbrostes auf Gräsern. *Arb. Biol. Reichsanst.* **21**: 483-497.

Straib W. (1936): Untersuchungen über das Vorkommen physiologischer Rassen des Gelbrostes *Puccinia glumarum* in den Jahren 1935/1936 und über die Aggressivität einiger neuer Formen auf Getreide und Gräsern. *Arb. Biol. Reichsanst.* **22**(1): 91-119.

Stubbs R. (1985): Stripe rust. In *The Cereal Rusts*, ed. AP Roelfs, WR Bushnell, 2: 61-101. London: Acad. Press.

Sumíková T., Hanzalová A. (2010): Multiplex PCR Assay to Detect Rust Resistance Genes *Lr26* and *Lr37* in Wheat. *Czech J. Genet. Plant Breed.*, **46**(2): 85–89.

Tollenaar H. (1967): A comparison of *Puccinia striiformis* f.sp. *poae* on bluegrass with *P. striiformis* f.sp. *tritici* and *P. striiformis* f.sp. *dactylidis*. *Phytopathology* **57**: 418-20.

Urban Z. (1969): Die Grassrostpilze Mitteleuropas mit besonderer Berücksichtigung der Tschechoslowakei. *Rozpravy ČSAV, řada matematických a přírodních věd* **79**(6): 1-104.

Urban Z., Marková J. (2009): Catalogue of rust fungi of the Czech and Slovak Republics. UK Praha. Karolinum.

Volin R.B., Sharp E.L. (1973): Physiologic specialization and the pathogen aggressiveness in stripe rust. *Phytopathology* **63**: 699-703.

Wellings C.R. (2007): *Puccinia striiformis* in Australia: a review of the incursion, evolution, and adaptation of stripe rust in the period 1979-2006. *Aust.J. Agric. Res.* **58**: 567-75.

Wellings C.R., Boyd L.A., Chen X.M. (2012): Resistance to stripe rust in wheat: Pathogen biology driving resistance breeding. In Sharma J (ed.): *Disease resistance in wheat*. CABI, VK, pp. 63-83.

Zadoks J. C. (1961): Yellow rust on wheat.: studies in epidemiology and physiologic specialization. *Eur. J. Plant. Pathol.* **67**: 69-256.

Zhao J. Wang I., Wang Z. *et al.* (2013): Identification of eighteen *Berberis* species as alternate hosts of *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici* and virulence variation in the pathogen isolates from natural infection of barberry plants in China. *Phytopathology* **103**(9): 927-934.

VII. Seznam publikací, které předcházely metodice

- Matyk J., Horčíčka P., Hanzalová A. (2015): Rez plevová. In Sborník „Pěstební doporučení k odrůdám ozimé pšenice“ pp. 2-5.
- Hanzalová A., Bartoš P. (2015): Rez plevová v roce 2014. *Úroda* **63**(2): 34-36.
- Bartoš P., Hanzalová A. (2015): Odolnost rostlin k chorobám. *Úroda* **63**(6): 16-20.
- Bartoš P., Hanzalová A. (2015): Rez plevová nikdy nespí. *Úroda* **63**(2): 24-26.
- Hanzalová A., Bartoš P. (2015): Rez plevová v minulosti, přítomnosti a budoucnosti *Agromanuál* **10**(4).
- Bartoš P., Hanzalová A. (2015): Nečekané výskyty rzí na pšenici. *Agrotip* 4: 14-47.
- Bartoš P., Hanzalová A. (2014): Rez plevová In: Sborník ze semináře „Pšenice 2014, Rez nikdy nespí“, Praha, 4.-5.12. 2014, pp. 4-9.
- Hanzalová A., Bartoš P. (2014): The Virulence Spectrum of the Wheat Leaf Rust Population Analyzed in the Czech Republic from 2002 to 2011. *Czech J. Genet. Plant Breed.*, **50** (4): 288–292.
- Hanzalová A., Bartoš P. (2014): Virulence surveys of wheat leaf rust races in the Czech Republic and resistance genes in registered cultivars. *Czech J. Genet. Plant Breed.*, **50**, 2014 (3): 241–246.
- Hanzalová A., Bartoš P. (2012): Plané druhy tribu Triticeae ve šlechtění pšenice na odolnost. *Úroda* **60**(5): 30-31.
- Hanzalová A., Bartoš P., Horčíčka P. (2013): Ohrozí nové rasy rzí plevové naše odrůdy pšenice? *Úroda* **61**(1): 10-11.
- Hanzalová A., Sumíková T., Bartoš P. (2011): Molekulární genetika a šlechtění pšenice na odolnost k chorobám. *Úroda*, **59**(4): 49-51.
- Holubec V., Hanzalová A., Bartoš P., Dumalasová V. (2014): *Aegilops* conservation and collection evaluation in the Czech Republic. *Journal of Systematics and Evolution* **52**(6): 783–789.
- Kolmer J. A., Hanzalova A., Goyeau H., Bayles R. and Morgounov A. (2012): Genetic differentiation of the wheat leaf rust fungus *Puccinia triticina* in Europe. *Plant Pathology*, **62**(1): 21-31.
- Sumíková T., Hanzalová A. (2010): Multiplex PCR Assay to Detect Rust Resistance Genes *Lr26* and *Lr37* in Wheat. *Czech J. Genet. Plant Breed.*, **46**(2): 85–89.

Poznámky

Poznámky

Autoři:

Mgr. Alena Hanzalová, PhD.

Ing. Pavel Bartoš, DrSc.

Název: Rez plevová na pšenici a ochrana proti ní

Vydal: Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.

Drnovská 507, 161 06 Praha 6

Náklad: 50 kusů

Vydáno bez jazykové úpravy

Metodika je poskytnuta bezplatně

Kontakt na autora: hanzalova@vurv.cz

©Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Drnovská 507, 161 06 Praha 6, 2015

ISBN: 978-80-7427-184-7



Vydal Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i

2015