

Schuster, W. (1977.): Der Ölkürbis (Cucurbita pepo L.). Fortschritte im Acker- und Pflanzenbau, 53.
 Sito, S. (1999.): Mehanizirano ubiranje i dorada sjemenki buče. Doktorska disertacija, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Scientific study

INFLUENCE OF DIFFERENT TILLAGE SYSTEMS ON YIELD AND ENERGY REQUIREMENT IN PUMPKIN SEED PRODUCTION

Summary

Four different soil tillage systems were tested in pumpkin seed production. Pumpkin variety was Gleissdorf, Austrian origin. The tested systems were: 1. Conventional (plough, disc harrow, combined seed-bed implement), 2. Conservation (plough, rotary harrow), 3. No-till (no-till planter), 4. Reduced (plough, combined seed-bed implement). The greatest yield of fresh pumpkin seeds of 1345 kg/ha was achieved by the conventional system. The reduced system achieved 1316 kg/ha, conservation system 927 kg/ha and no-till system achieved only 848 kg/ha. The greatest energy requirement of 1998 MJ/ha had the reduced system. The conventional system required 1919 MJ/ha, while conservation system required 1550 MJ/ha. The lowest energy requirement of 453 MJ/ha was achieved by no-till system.

Key words: Soil tillage, oil pumpkin seed (*Cucurbita pepo L.*), energy

Marina Putnik-Delić¹

Stručni rad

OTPORNOST PŠENICE PREMA UZROČNIKU LISNE HRĐE (*Puccinia tritici*)

Sažetak

Puccinia tritici je jedan od najproučavanijih i najzastupljenijih parazita širom svijeta. Štete koje uzrokuje ovaj parazit mogu biti izuzetno velike. Vrste iz roda *Puccinia* imaju ogromni reproduktivni potencijal, uredospore su vrlo otporne na ultraljubičasto zračenje, i lako se prenose zračnim strujanjima na velike daljine (interkontinentalno). Na taj način, migracijama, se stalno razmjenjuje inokulum različite virulentnosti. Tretiranje pšenice kemijskim putem je često ekonomski i ekološki neopravdano iz razloga perioda u kojem se lisna hrđa javlja. Stoga je jedan od najboljih načina borbe protiv *Puccinia tritici* pronalaženje otpornih genotipova pšenice.

Ključne riječi: pšenica, *Puccinia tritici*, otpornost

O bolesti kroz povijest

Prve znanstvene spoznaje o toj bolesti zabilježio je Aristotel primijetivši da se hrđa javlja na pšenici iz godine u godinu različitim intenzitetom (Jerković, 1995). Nekoliko stoljeća kasnije, francuski farmeri uočili su da je hrđa žitarica podrijetlom iz grmlja šimšira. Zakonom iz 1660. god. zahtijevano je uništavanje navedenih biljaka u blizini žitnih polja. Kao mikozni uzročnik hrđe opisan je 1797. godine, a ciklus razvitka 1927. godine. Prije Mendelovih spoznaja i osnivanja moderne genetike, empirijski je vršena selekcija na otpornost biljaka prema parazitima (*Rubiales i Niks*, 2000.).

Štete koje uzrokuje *Puccinia tritici*

Od sedamnaestog stoljeća česti su opisi šteta uzrokovani navedenim parazitima tako da se može pratiti njihovo širenje iz jugozapadne Azije, gdje je domovina njihovih prijelaznih hraniteljki, u Ameriku, Južnu Afriku i ostala područja gdje se i danas uzgajaju strne žitarice. Početkom ovog stoljeća zabilježeno je niz epidemija, a najviše je izazvano uzročnikom stabljične hrđe u SAD-u, što je bio osnovni razlog nestanka pšenice s polja od Louisiane do Georgije (Chester, 1946.). U južnoazijskoj epidemiološkoj zoni i Rusiji nacionalni gubici zbog napada uzročnika lisne hrđe su često 10-20% (Kovalenko i sur., 2004.). U našoj regiji utvrđene su štete do 38%, a znatno manje na domaćim genotipovima (Jerković i Putnik-Delić, 2004., 2005.; Putnik-Delić, 2006.). Posljedice napada parazita iz roda *Puccinia* kod biljaka su prije svega redukcija fotosinteze i poremećaj

¹ mr. Marina Putnik-Delić, Departman za ratarstvo i povrtarstvo, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad

izmjene tvari. Gubici vode najbrže dovode do propadanja vegetativnih dijelova biljaka. Korjenov sustav se reducira ranim napadima. Zaraze u početnim stadijima razvoja biljke utječu na slabljenje otpornosti prema niskim temperaturama, umanjuju busanje i broj zrna u klasovima, a kasnije i fertilnost klasića. Najčešći rezultat napada *Puccinia tritici* su štura zrna. Sve agrotehničke mjere koje dovode do povećanja prinosa pridonose i razvoju obligatnih parazita (*Jerković, 1995.*).

Lisna ili proljetna hrđa je najštetniji parazit uzgajanih biljaka do sad zbog velike prilagodljivosti različitim uvjetima vanjske sredine, potom pokrivenosti od oko 400 milijuna hektara pšenicom, svake godine. Uzročnici stabljične i žute hrđe mogu nanijeti veće štete po prinosu, ali sporadično. (*Roelfs, 1985.*).

Epidemiologija

Uzročnik lisne hrđe *Puccinia tritici* javlja se pojedinačno ili zajedno s drugim mikrobnim bolestima u svim područjima pogodnim za uzgoj strnih žitarica. Optimalna temperatura zraka za njen razvoj iznosi 15-20°C i tada dužina inkubacijskog razdoblja u poljskim uvjetima iznosi desetak dana, te je omogućen veći broj sukcesivnih infekcija tijekom vegetacije. Za razvoj hrđe u epifitotičnim razmjerima presudni su povoljni klimatski uvjeti početkom proljeća, kada je za jedan ciklus (od inokulacije do sporulacije) potrebno obično 14 do 21 dan. Početni inokulum podrijetlom iz različitih izvora je uvijek prisutan. Vrste iz roda *Puccinia* imaju ogroman reproduktivni potencijal formirajući i do 2000 spora po pustuli. Uredospore tog parazita su izuzetno otporne na ultraljubičasto zračenje te se lako prenose zračnim strujanjima i na velike udaljenosti (interkontinentalno). Na taj način, migracijama, stalno se razmjenjuje inokulum različite virulentnosti (*Chester, 1946.*).



Slika 1. Izgled pustula na listu pšenice nakon zaraze lisnom hrđom

Otpornost biljaka prema parazitima

Otpornost biljaka predstavlja sposobnost domaćina da smanji ili onemogući rast i razvoj parazita nakon ostvarenog kontakta (*Parleviet i Niks, 1988.*). U odnosu na način pokazivanja rasne specifičnosti, trajnosti i dr., otpornost je podijeljena epidemiološki na vertikalnu i horizontalnu (*Van der Plank, 1968.*). *Parleviet (1988.)* predlaže podjelu na kompletnu otpornost koja podrazumijeva potpunu neagresivnost patogena (odsutnost reprodukcije najčešće zbog potpune hipersenzitivnosti) i nekompletnu, koja dopušta određen stupanj razvoja i reprodukciju. Isti autor smatra da se križanjem sorti koje pokazuju određen stupanj nekompletne otpornosti mogu dobiti kompletno otporni genotipovi.

Istraživanjima utjecaja uvjeta vanjske sredine postignut je bitan pomak u razumijevanju interakcija parazit-domaćin. Pojam agrikorpusa prvi put je prezentiran još 1963. na Drugom internacionalnom genetskom simpoziju o pšenici u Lundu. Korespondirajući geni oba organizma predstavljaju agrikorpus genotip koji pod utjecajem različitih uvjeta vanjske sredine daje odgovarajući agrikorpus fenotip. Agrikorpus se smatra trećim živim entitetom (*Loegering, 1966.*). Prema *Readu (1970.)* to je genetika simbioze kod koje dolazi do dijeljenja fizioloških mehanizama među različitim vrstama, što podrazumijeva baznu kompatibilnost dvaju organizama. Evidentno je da samo jedna kombinacija triju faktora (i uvjeta vanjske sredine) rezultira otpornošću (definitivan agrikorpus fenotip). Na osnovi tog modela taj je odnos specifičan, a ostali nisu.

Pokazivanja otpornosti

Pseudorezistentnost

Pseudorezistentnost ne pripada ni aktivnoj ni pasivnoj otpornosti, a nije sinonim ni pojmu nedomaćinska otpornost (*Niks i Rubiales, 1993.*). Zbog nepodudarnosti pogodnih uvjeta za razvoj, dolazi do inkompatibilnosti u uspostavljanju odnosa između parazita i domaćina čiji produkti gena ne dopijevaju u kontakt i interakciju, što u suštini nazivamo pseudorezistentnošću. U drugim uvjetima povoljnim za razvoj oba organizma došlo bi do formiranja rezultata njihove interakcije.

Sorte koje u stadiju sijanaca ne pokazuju razlike po karakteristikama otpornosti od osjetljivih, kontrolnih, a u poljskim uvjetima u pojedinim godinama su slabije zaražene, nego druge slične u prvospomenutoj fazi, smatraju se pseudorezistentnim (*Jerković i Putnik-Delić, 2004.*).

Poljska otpornost

Prema *Russellu (1978.)* termin poljska otpornost se koristi za otpornost koja omogućuje efikasnu kontrolu parazita u prirodnoj sredini, u polju, ali se teško otkriva ili karakterizira u laboratoriju ili testiranjem u stakleniku. To ukazuje da se nije mislilo na gene za otpornost nego pseudorezistentnost. Poljska rezistentnost je poligenski kontrolirana i trajna. *Fukuoka i Okuno (www.shigen.nig.ac.jp)* smatraju, također, da može biti efektivna u kontroli parazita u poljskim uvjetima, a trajna samo dok je izložena novim patotipovima. Osim toga, upućuju da nakon brzog »gubljenja« gena za »pravu« otpornost dolazi do javljanja rezidualnog efekta. Faktori pseudorezistentnosti nisu uključeni. Po *Jerkoviću (osobna obavijest)* zbroj djelimično pokazane pseudorezistentnosti i aktivne otpornosti u odrasлом stadiju predstavlja poljsku otpornost. U stadiju sijanaca je u tom slučaju moguće ustanoviti povišene vrijednosti nekih od karaktera otpornosti, a obavezno LP.

Nedomaćinska otpornost

Nedomaćinska otpornost većinom nije aktivna jer produkti gena za otpornost, odnosno virulentnost ne dolaze u interakciju (biokemijski), već je osnova anatomsko ili morfološka.

Postoji više definicija koje su u vezi s nedomaćinskom otpornošću.

Nedomaćinska vrsta je ona koja ne dopušta nijednoj jedinki parazita određene vrste da se reproducira (Elmhirst i Heath, 1989.). Prema Niksu i Rubialesu (1993.) nedomaćinska (non-host) otpornost se javlja prije formiranja ijedne haustorije. Na taj način se odvaja od raznih faza rane aborticije kao osnove parcijalne otpornosti.

Kompletna, nekompletna i parcijalna otpornost

Kompletanu otpornost karakterizira nemogućnost reprodukcije parazita i često rasna specifičnost. Caldwell (1968.) je prvi opisao nekompletanu otpornost koja podrazumijeva reprodukciju parazita i nazvao je „slow rusting“ ili opća rezistentnost kod strnih žitarica. Podrazumijevala je rasnu nespecifičnost. Opis bazira na dugotrajnoj i nespecifičnoj prirodi usporenog razvoja, otpornosti odraslog stadija sorte Knox. Parlevliet (1985.) otpornost pri najvišim reakcijskim tipovima očitovanu kroz produžen latentni period i smanjenu uspješnost infekcije definira kao parcijalnu. Najčešće su kontrolirane djelovanjem minor gena čiji je pojedinačni efekat suviše mali da bi se otkrio individualno. Smatrana je dugotrajnijom u odnosu na onu uvjetovanu pojedinačnim major genima (Kolmer, 1996.).

Nadvladavanje otpornosti

Prema određenim genima za virulentnost u parazitu geni domaćina će uvijek djelovati. Iz toga slijedi da otpornost može biti nadvladana, a ne izgubljena. Brzina događanja pojave je pozitivno korelirana s dužinom izlaganja populaciji parazita i proširenosti istih sorti. Proces nadilaženja rezistentnosti sorti obično je brz, praktično traje između pet i deset godina od njihovog uvođenja u proizvodnju. Otpornost koja se očituje duže od deset godina smatra se trajnom (durable resistance) (Roelfs i sur., 1992.).

Mutacije gena parazita su naizgled rijetke, uostalom kao i kod drugih organizama, ali su pored rekombinacija gena i migracija osnovni način na koji može doći do nadilaženja rezistentnosti. Stopa spontanih mutacija kreće se od 10^{-4} - 10^{-8} (Borojević, 1983.). Umnožavanje novonastalih genotipova parazita na do tada kompletno otpornim sortama pšenice je brzo i zbog nedostatka konkurencije (Putnik-Delić, 2006.).

Izbor sortimenta u pojedinim regijama je u tom slučaju najvažniji. Sorte uzgajane u proizvodnji moraju se razlikovati po genima za otpornost. Na taj način pravilno se koriste rezultati selekcije i istraživačkog rada kod proučavanja odnosa parazit-domaćin,

pri određenim uvjetima vanjske sredine i omogućava se trajnija rezistentnost. Radi pravednog povlačenja sorti iz proizvodnje, zbog nadilaženja otpornosti promjenama u populaciji parazita po agresivnosti, bilo je potrebno ustanoviti formulu za odnos pokazatelja otpornosti sijanaca u korelaciji s dopuštenim intenzitetima zaraze u polju te odrediti granične vrijednosti (Jerković i sur., 2004.).

Oplemenjivanju pšenice na otpornost prema parazitima može se znatno pomoći testiranjem materijala (u generacijama razdvajanja) u stadiju sijanaca. Na osnovi validnih podataka o razvoju bolesti u toj fenofazi, omogućava se siguran odabir izvora otpornosti i otpornih dijelova potomstava iz kombinacija izvedenih, radi stvaranja novih sorti (Putnik-Delić, 2009.).

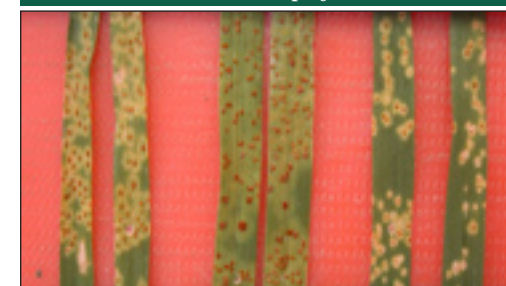
Pokazatelji otpornosti: lp, if, rt, audpc

Autori radova su se bavili pojedinim očitovanjima otpornosti kao što su hipersenzitivne reakcije (Jerković, 1992.), umanjena uspješnost infekcije i produžen latentni period (Parlevliet, 1985.).

Najčešća metoda za diferencijaciju otpornosti genotipova pšenice prema *Puccinia tritici* u stadiju sijanaca je prema reakcijskom tipu. Rezistentnost tog tipa se obično ispituje



Slika 2. Listovi različitog intenziteta zaraze iz polja



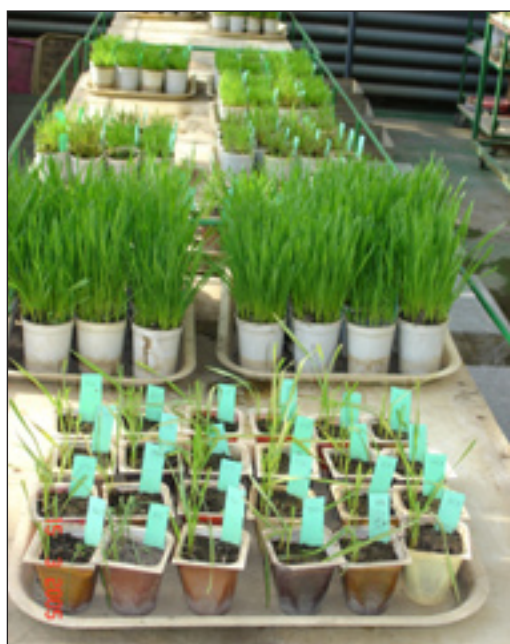
Slika 3. Listovi različitog intenziteta zaraze u polukontroliranim uvjetima

prema monopustulnim izolatima različite virulentnosti i zavisna je od temperaturnih uvjeta. Idealna temperatura za testiranje u stadiju sijanaca je 15 do 20°C. Čak i u tim uvjetima dobiveni rezultati nekad nisu korelirani s uspješnošću infekcije i reakcijskim tipom u polju. Reakcije su često mješovite i prema monopustulnom izolatu (x). Samo genotipovi s reakcijskim tipom 4+ i velikim brojem razvijenih pustula po sredini lista mogu se isključiti iz selekcije kao neupotrebljivi. Da bi se otkrili i iskoristili svi geni koji su na bilo koji način pokazali otpornost, vrši se testiranje latentnog perioda 50 (LP 50) i uspješnosti infekcije (IF). Uspješnost infekcije je bila najznačajniji faktor u našoj regiji. Smanjena uspješnost infekcije i produženi latentni period često su dovoljni da umanje razvoj lisne hrđe i učine neekonomičnim primjene drugih mjera zaštite (Jerković, 1992.).

Osnovna razlika u reakcijskim tipovima pri napadu obligatnih parazita proistječe iz stupnja hipersenzitivnosti. Granica između otpornosti (infekcijski tipovi (0-2+)) i osjetljivosti (-3-4+) je znanstveno empirijska tvorevina. Više od tri reakcijska tipa u potomstvima nastalih križanjem otpornih s osjetljivim sortama ukazuju na interakciju odnosa gena u osnovi očitovanja kvalitativnog svojstva. Smanjena uspješnost infekcije je manje varijabilan, ali najdiskutabilniji vid rezistentnosti čije objašnjenje nedostaje radi uspostavljanja logične pravilnosti pri nadilaženju gena za otpornost (*Niks i sur., 2000.*). Studije o abortivnosti kolonija nakon inokulacije sorti pšenice ukazale su na kontakt gljive i stanica oko stome, što može dovesti u vezu gene za hipersenzitivnu otpornost s očitovanjem svojstva (*Jacobs, 1990.*). Pri hipersenzitivnim reakcijama umanjena uspješnost infekcije i produžen latentni period su prisutni pri usporedbi s osjetljivim kontrolnim sortama (*Jerković i Putnik-Delić, 2004.*).

U polju, od maksimalnog intenziteta zaraze sigurniji, pokazatelji očitovanih karakterana nekompletne otpornosti su vrijeme i intenzitet početne infekcije te AUDPC vrijednost (*Putnik-Delić, 2006.*). Prve zaraze po modificiranoj skali *Cobba* (*Peterson i sur., 1948.*), od 5 pa na više, kod nas se javljaju većinom u trećoj (najčešće faza >70), a ponekad u drugoj dekadi svibnja u vrijeme cvjetanja (faza 60-69 po *Zadoks* i sur, 1974.).

Otpornost u različitim stadijima razvitka istih genotipa pšenice



Slika 4. Uzgoj pšenice u polukontroliranim uvjetima s ciljem ocjenjivanja karaktera otpornosti prema *Puccinia triticea*

U selekcijskim programima kojima je cilj stvaranje otpornijih genotipa, uobičajena su testiranja u stadiju sijanaca populacijom parazita i pritom se traže razlike po infekcijskom tipu ili karakterima nekompletne rezistentnosti, kao i ocjene intenziteta zaraze u poljskim uvjetima (*Putnik i Jerković, 2002.*).

Putnik-Delić (2006.) je testirala otpornost 167 genotipova pšenice u odraslom i u stadiju sijanaca. U stadiju sijanaca u stakleniku su određeni: latentni period, uspješnost infekcije i reakcijski tip, dok je u polju evidentirano vrijeme klasanja i starenja (sušenja), kao i intenzitet zaraze, višekratnim očitavanjem. Koreliranjem ocijenjenih podataka u stadiju sijanaca i intenziteta zaraze u različitim fazama razvoja sorti i linija pšenice u poljskim uvjetima, tijekom tri godine, ustanovljena je slaba do jaka povezanost.



Slika 5. Uzgoj pšenice u poljskim uvjetima s ciljem ocjenjivanja karaktera otpornosti prema *Puccinia triticea*

Najviša vrijednost koeficijenta korelacije karaktera otpornosti u stakleniku je s prvim očitavanjima u poljskim uvjetima. Koreliranost intenziteta zaraze u kasnijim fazama ukazuje na prilagođenost sorti regionalnim uvjetima. Vrijednosti AUDPC su, također, bile povezane s karakterima otpornosti u stadiju sejanaca, a najjače kod prethodno opisanih sorti. Genotipi kod kojih nije bilo značajnijih odstupanja po karakterima otpornosti od najosjetljivijih u stadiju sijanaca, a nisu očitovali maksimalne intenzitete zaraze u polju smatrani su pseudorezistentnim. Po rezultatima *Pretorius i sur. (1987.)*, kod sorti pšenice koje nisu pokazale hipersenzitivnu otpornost prema 19 izolata *Puccinia tritici*, dužina latentnog perioda i uspješnost infekcije bili su u negativnoj korelaciji, a njihov odnos je varirao kod pojedinih sorti i linija. *Broers i Parlevliet, (1989.)* su ispitujući parcijalnu otpornost kod 18 sorti ozime pšenice prema *Puccinia tritici*, utvrdili da je dužina latentnog perioda osobina odgovorna za 67% varijacije u očitovanju navedenog svojstva u polju. Uključenjem uspješnosti infekcije i veličine pustula postotak varijacije u otpornosti u vezi s tim trima karakterima povećan je na 80%. Zaključak je bio da se dužina latentnog perioda i uspješnost infekcije bar djelomično nezavisno nasljeđuju. Utjecaj faze razvoja na ista tri karakterana rezistentnosti je također evidentan (*Broers i Parlevliet, 1989.*). Kod 18 sorti jare pšenice inficirane lisnom hrđom, parcijalna otpornost se jače očitovala u stadiju odraslih biljaka nego na sijancima. Kod većine, dug latentni period je bio povezan sa slabom uspješnošću infekcije i malim pustulama. Odstupanja od tog pravila ukazuju na različitost gena koji kontroliraju ta svojstva. Prema rezultatima *Jerkovića (1992.)* dobivenim ispitivanjem u tijeku dvije godine koeficijenti korelacije između vrijednosti karaktera nekompletne otpornosti u stadiju sijanaca u kontroliranim uvjetima s AUDPC u obje godine i LR indexom ukazuju na diferencijalnu povezanost. Najviši stupanj uzajamne povezanosti je između uspješnosti infekcije utvrđene na 15 i 20°C i AUDPC-a u obje godine. Između pokazatelja nekompletne rezistentnosti utvrđenih u poljskim uvjetima (AUDPC, LR index) i onih ispitivanih u stadiju sijanaca pod kontroliranim uvjetima LP 50 i IE, postoji visok stupanj uzajamne povezanosti. U našim uvjetima IE je u jačoj vezi s maksimalnim intenzitetom zaraze, odnosno AUDPC-om, što je razumljivo s obzirom na kontinentalnu klimu u kojoj je period za optimalan razvoj *Puccinia tritici* relativno kratak. U humidnim područjima (Nizozemska, Engleska) dužina latentnog perioda je pouzdaniji pokazatelj nekompletne otpornosti (*Broers i Parlevliet, 1989.*). Razlike među sortama po rezistentnosti su izraženije u poljskim uvjetima, a to je znak da se dužina LP 50 povećava, a IE smanjuje u kasnijim fazama razvitka biljaka, što je već primjećeno (*Broers, 1989.*). *Kramer i Eversmeyer (1989.)* navode da sorte koje imaju visok reakcijski tip tek na niskoj temperaturi, u polju pokazuju zakašnjelu infekciju. Sa staja-

lišta praktične primjene, u selekciji na otpornost prema *Puccinia tritici*, *Jerković* (1992.) zaključuje da su dobiveni rezultati ohrabrujući. Visok stupanj korelacije među karakteristikama nekompletne rezistentnosti u stadiju sijanaca, prema jednoj kulturi parazita, pod kontroliranim uvjetima i tijekom dvogodišnjih ispitivanja vrijednosti AUDPC u polju, ukazuju na mogućnost uspješnog odabiranja genotipa u kojima su akumulirani poželjni geni. Autor zaključuje da postoje svi uvjeti za uspješnu selekciju na nekompletnu otpornost pšenice prema *Puccinia tritici*. Heritabilnost svojstva je visoka, a utjecaj ekoloških uvjeta, koji u znatnoj mjeri mogu ometati uspješnu selekciju na pojedina svojstva u poljskim uvjetima, može se anulirati ispitivanjima u kontroliranim uvjetima. Odabiranje roditelja, nosilaca poželjnih gena, može se izvršiti i nakon samo jedne godine utvrđivanja vrijednosti AUDPC u polju, dužine latentnog perioda 50 i uspješnosti infekcije u kontroliranim uvjetima na temperaturi od 10-15°C, visokoj relativnoj vlažnosti zraka i dnevno noćnom režimu svjetlosti 16/8 sati, po kriteriju različitosti.

Između vrijednosti karaktera nekompletne otpornosti prema *Puccinia recondita tritici* u stadiju sijanaca pri kontroliranim uvjetima i vrijednosti krive ispod razvoja bolesti kao najkompletnijeg pokazatelja razvoja bolesti u poljskim uvjetima postoji srednja do jaka negativna korelacija (*Jerković*, 1992.). Pojedine sorte pokazuju otpornost u odrasлом stadiju u znatno većoj mjeri nego u stadiju sijanaca. *Smit* i *Parlevliet* (1990.) su tu pojavu čak predložili kao poseban vid otpornosti. S praktičnog stajališta, pri čemu se misli na eksploataciju sorte u proizvodnji, pogotovo kod rezistentnosti prema parazitima koji većinom prezimljavaju na samoniklim biljkama (*Puccinia spp.*), otpornost u stadiju početnog razvoja biljaka je posebno važna.

Mogućnosti i strategije za suzbijanje *Puccinia tritici* putem otpornosti

Opsežni selekcijski programi bili su inicirani u mnogim zemljama. Selekcionirane su brojne otporne sorte prema *Puccinia tritici*, posebno u posljednjih šezdeset godina. Na osnovi interakcija s različitim genima za virulentnost ili avirulentnost, identificirano je do sada 55 gena za otpornost prema uzročniku lisne hrđe pšenice (*Agrios*, 1997.). Velik broj je podrijetlom iz srodnika pšenice i nalazi se na supstituiranim kromosomima. Postoji više stotina rasa različite virulentnosti kod svake vrste uzročnika hrđe. Geni domaćina se najčešće očituju kroz kompletnu otpornost (odsustvo sporulacije) koja je bazirana na hipersenzitivnoj reakciji. Osim navedenih gena u selekciji se koriste i oni koji djeluju aditivno, a očituju se kroz karaktere nekompletne otpornosti (najvažniji su produženi latentni period i slaba uspješnost infekcije). Rezultat je relativno usporen i reduciran razvoj bolesti (*Parlevliet*, 1988.).

Povećanje otpornosti se postiže na više načina: introdukcijom jednog gena koji osigurava otpornost prema ukupnoj virulentnosti populacije parazita; piramidiranjem koje predstavlja akumulaciju gena s djelovanjem na određen dio populacije pri čemu je podr-

žana gen za gen teorija; komplementarnošću gena za rezistentnost prema *Puccinia tritici*; akumulacijom gena za nekompletnu otpornost. Cilj svih je dobivanje kompletno otpornih genotipa (*Robinson*, 1980.).

Johnson (1984.) se zalagao za korištenje sorti čija je otpornost dokazano trajna u prošlosti kao izvor gena rezistentnosti za buduće sorte. Mehanizam trajnije otpornosti je nepoznat, ali postoje indikacije da trajnost obično zavisi od kombinacije i akumulacije gena (*Line* i *Chen*, 1995.).

Literatura

- Agrios, G. N.* (1997.): Plant pathology, 4th edn. Academic Press, San Diego, Calif.
Borojević, K. (1983.): Geni i populacija, Forum Novi Sad, 1986.
Broers, L. H. M. (1989.): Race-specific aspects of partial resistance in wheat to wheat leaf rust, *Puccinia recondita f. sp. tritici*. Euphytica 44: 273-282.
Broers, L.H.M., Parlevliet, J.E. (1989.): Environmental stability of partial resistance in spring wheat to wheat leaf rust. Euphytica, Vol. 41, No. 3: 241-246.
Caldwell, R. M. (1968.): Breeding for general and/or specific plant disease resistance. In Int. Wheat Genet. Symposium 3rd. ed. kw shepherd, Sidney: 263-272.
Chester, K.S. (1946.): The cereal rusts. Waltham, Mass, USA: 269.
Elmhirst, J.F. and Heath, M.C. (1989.): Interaction of the bean rust and cowpea rust fungi with species of the Phaseolus-Vigna plant complex. I. Fungal g
Fukuoka, S., Okuno, K. : QTL analysis for Field resistance to rice blast using RFLP markers, vol. 14, (www.shigen.nig.ac.jp)
Jacobs, T.H. (1990.): Abortion of infection structures of wheat leaf rust in susceptible and partially resistance wheat genotypes. Euphytica, 45: 81-86.
Jerković, Z. (1992.): Identifying of genes for *Puccinia recondita f.sp.tritici* resistance in wheat lines. J. Genetics and breeding. no 46: 163-166.
Jerković, Z. (1995.): Rđe strnih žita. Biljni lekar, 5: 542-544.
Jerković, Z., Putnik-Delić, M. (2004.): The forecast of maximal leaf rust intensity of wheat varieties in field according to seedling resistance in greenhouse. Acta fytotechnica et zootechnica, Slovakia: 107-109.
Jerković, Z., Putnik-Delić, M. (2004.): Prevazilaženje otpornosti prema *Puccinia tritici*, III. međunarodna Eko konferencija 2004. - Zdravstveno bezbedna hrana, Tematski zbornik: 353-358.
Jerković, Z., Putnik-Delić, M., Jevtić, R. (2004.): The new method of relating wheat genotypes seedlings to *Puccinia tritici* resistance characters in greenhouse with maximal infection intensity in field, Proceedings, ESNA, XXXIV annual meeting: 452-455.
Jerković, Z., Putnik-Delić, M. (2005.): Stalni tragovi u novosadskim sortama pšenice radi primene fungicida nisu opravdani. II Simpozijum o zaštiti bilja i Bosni i Hercegovini. 14-16 decembar 2005., Teslić, Zbornik rezimea: 59.
Johnson, R. (1984.): A critical analysis of durable resistance. Annu. Rev. Phytopathol., 22: 309-330.
Kolmer, J. A. (1996.): Genetics of resistance to wheat leaf rust. Annu.Rev. Phytopathol., 34: 435-455.
Kovalenko, E. D., Kiseleva, M. I., Solomatin, D. A., Zhemchuzhina, A. I., Lapochkina, I. F. (2004.): The main parameters of durable resistance to leaf rust in wheat, International Cereal Rusts and Powdery Mildews Conference, Norwich, UK, Bulletin, 2004./1029.
Kramer, C.L., Eversmeyer, M. G. (1989.): Effect of temperature on the latent period of *Puccinia recondita f.sp. tritici* on wheat plants. Memoirs on the New York Botanical Garden, 49: 62-65.
Line, R. F. and Chen, X. (1995.): Successes in breeding for and managing durable resistance to wheat rusts. Plant Disease, 79: 1254-1255.
Loegering, W. Q., Sears E. R. (1966.): Relationships among stem-rust genes on wheat chromosomes 2B, 4B, 6B. Crop Sci. 6: 157-160.
Niks, R.E. and Rubiales, D. (1993.): Use of non-host resistance in wheat breeding. Biodiversity and Wheat Improvement. Edited by A.B. Damania, ICARDA
Niks, R. E., Fernandez, B., van Haperen, B., Bekele, A., Martinez, F. (2000): Specificity of QTLs for partial and non host resistance barley to leaf rust fungi. Acta phytopathologica et entomologica Hungarica, Vol. 35, 1-4: 13-22.
Parlevliet, J. E. (1985.): Resistance of non-race-specific type. The Cereal Rusts. Orlando, FL academic. 2: 501-525.

Parleviet, J. E., Niks, R. E. (1988.): Breeding for resistance against diseases and pests. International Agricultural Centre, Wageningen, The Netherlands, pp. 51.

Parleviet, J.E. (1988.): Strategies for the utilization of partial resistance for the control of cereal rusts. In: Parleviet, J.E., Kievit, C. (1986.): Development of barley leaf rust, *Puccinia hordei*, infections in barley. I. Effect of partial resistance and plant stage. *Euphytica* 35: 953-959.

Peterson, R.F., A.B. Campbell, and A.E. Hannah. (1948.). A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of *Triticum aestivum*. *Phytopathology* 78: 451-456.

Pretorius, Z. A., Rijckenberg, F. M., Wilcoxon, R. D. (1987.): Components of resistance in wheat infected with *Puccinia recondita* f.sp. *tritici*. *Phytophylactica*, Vol. 19, No 4: 457-460.

Putnik, M., Jerković, Z. (2002.): Otpornost genotipova prema *Puccinia triticina* - doprinos neupotrebi fungicida, Tematski zbornik, Eko-konferencija 2002, 1: 205-209.

Putnik-Delić M. (2006.): Povezanost otpornosti prema *Puccinia triticina* u različitim fazama razvoja pšenice. (Relation between resistance to *Puccinia triticina* in different growth stages of wheat genotypes) Magistratarni rad, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, pp. 51.

Putnik-Delić M. (2009.): Resistance to *Puccinia triticina* at different wheat growth stages. *Matica Srpska, III Naučni skup "Mikologija, mikotoksikologija i mikoze"*, Proceedings for natural sciences 116: 183-190.

Read, C. P. (1970.): Parasitism and symbiology. New York: Roland.

Robinson, R. A. (1980.): New concepts in breeding for disease resistance. *Annu. Rev. Phytopathol.*, 18: 189-210.

Roelfs, A.P. (1985.): Wheat and rye stem rust. In *The Cereal Rusts*, Academic press, inc., page 3-59, pp.606.

Roelfs, A. P., Singh, R. P. and Saari, E. E. (1992.): Las Royas del Trigo: Conceptos y Metodos para el Manejo de esas Enfermedades. CIMMYT, Mexico D. F., pp. 81.

Rubiales, D., Niks, R.E. (2000.): Combination of mechanisms of resistance to rust fungi as a strategy to increase durability, *CIHEAM-IAMZ*: 333-339.

Russel, G. E. (1978.): Plant breeding for pest and disease resistance. Department of Agricultural Biology, University of Newcastle upon Tyne: 17-22.

Smit, G., Parleviet, J. E. (1990.): Mature plant resistance of barley to barley leaf rust, nother type of resistance, *Euphytica* 50: 159-162.

Van der Plank, J.E. (1968.): Disease resistance in plants. Academic Press, New York/London, 206 pp.

Zadoks, J.C., T.T. Chang, C.F. Konzak. (1974.): A decimal code for growth stages of cereals. *Weed Res.* 14: 415-421.

Professional paper

WHEAT RESISTANCE TO *Puccinia triticina*

Summary

Puccinia tritici is one of the most studied and represented pests worldwide. The damages that this pest causes can be extremely large. Species from *Puccinia* genus have a very large reproductive potential, uredospore are very resistant to ultraviolet radiation and they are very easily transmitted by air in large distances (intercontinentally). In this manner, by migrations, inoculum of different virulence is exchanged all the time. Chemical treatment of wheat is very often economically and ecologically unjustified because of the period when leaf rust appears. Therefore, one of the best ways of fighting *Puccinia tritici* is finding resistant wheat genotypes.

Key words: wheat, *Puccinia tritici*, resistance

Marija Vratarić, Aleksandra Sudarić¹

Stručni rad

ABIOTSKI ČINITELJI U PROIZVODNJI SOJE

Sažetak

U radu su opisani glavni stresni abiotiski činitelji koji se pojavljuju u proizvodnji soje. Abiotiski stresovi uključuju ekstreme u vremenskim uvjetima (ekstremne temperature, ekstremna vlažnost ili suša), zatim stres zbog pomanjkanja ili neuravnoteženog odnosa hraniva, prekomjernost pesticida te mehanička i druga oštećenja. Jačina i tip oštećenja biljke soje varira u ovisnosti o genotipu, stadiju razvoja biljke, vremenu oštećenja i obuhvaćenom dijelu biljke.

Gljučne riječi: soja, genotip, abiotiski činitelji, oštećenje, stadij razvoja biljke.

Uvod

Razni abiotiski činitelji su uzročnici, i kod soje i kod drugih biljnih vrsta, stresnih neinfektivnih bolesti, koji pomažu razvoj infektivnih bolesti bakterijama, gljivama, virusima i nematodama. Tako na rast i razvoj soje djeluju razni abiotiski činitelji koji mogu značajno smanjiti urode zrna, a uzroci zbog kojih nastaju su brojni: ekstremi u stanju tla, pomanjkanje pojedinih hraniva u tlu, pomanjkanje vode u tlu, ekstremne kiselosti ili alkaliteti tla, ekstremne temperature, zagađenja i toksičnosti teškim metalima, prekomjerne doze raznih pesticida, te mehanička i druga oštećenja. Sve navedene pojave mogu uzrokovati jaka ili češće lokalna oštećenja. Jačina i tip oštećenja jako variraju po fazama rasta biljaka, vremenu poremećaja, dijelu zahvaćene biljke, uz razlike među genotipovima. Simptomi uzrokovani raznim abiotiskim činiteljima često se miješaju sa simptomima bolesti koje su uzrokovali infektivni agensi. Stres, kao posljedica abiotiskih činitelja, često je predispozicija za razvoj infektivnih bolesti.

1. Oštećenja uzrokovana nekim vremenskim činiteljima

Pojava pokorice – Kada padne jaka kiša na pripremljeno tlo fine mrvičaste strukture, može se stvoriti pokorica koja usporava i onemogućava normalno nicanje biljaka soje (Slika 1.). Biljčice se iscrpljuju, tanke su, a hipokotil često puca. Pokoricu je moguće razbiti raznim drljačama kako bi se



Slika 1. Pokorica u vrijeme nicanja soje (foto: Vratarić, M.)

¹ dr.sc. Marija Vratarić, znan. savjetnik trajno, dr.sc. Aleksandra Sudarić, znan. savjetnik; Poljoprivredni institut Osijek, Odjel za oplemenjivanje i genetiku industrijskog bilja