

Dr Borivoje Kostić,
Zavod za strna žita
Kragujevac

SAVREMENI POGLEDI NA OTPORNOST PREMA IZAZIVAČIMA BOLESTI PŠENICE

Na pšenici se razvija veliki broj parazita biljnog i životinjskog porekla. Neki od njih imaju lokalni značaj i javljaju se sporadično, dok su drugi stalni pratioci pšenice. Za najopasnije smatraju se prouzrokovajući rđa i pepelnice (*Puccinia graminis tritici*, *Puccinia recondita tritici*, *Puccinia striiformis tritici* i *Erysiphe graminis tritici*). U povoljnim uslovima ovi se paraziti razvijaju veoma brzo i na velikim prostranstvima, uslovljavaju pojavu epifitocija.

Da bi se sagledao značaj gajenja otpornih sorta neophodno je ukratko se osvrnuti na štete koje pricinjavaju gore pomenuti paraziti.

Našoj zemlji crna rđa pricinjava znatne gubitke, ali su oni bili naročito izraziti u godinama epifitocije: 1928. 1932. 1954. i 1956. Prema Zadoksu (1965) prinos pšenice je u Austriji u nekim rejonima u toku epifitocije smanjen za 15%, u Bugarskoj za 30—100%, u Mađarskoj za 20%, Rumuniji 10—20% i u Sovjetskom Savezu za 15—25%.

U SAD-u se prosečan gubitak od crne rđe u periodu od 1951—1960. godine procenjuje na 4% ili oko 40 milijuna bušela (Loegering et al. 1967).

Usled jakog razvoja lisne rđe u 1958. godini prinos pšenice u našoj zemlji je smanjen za 17% (Zadoks, 1965). Ogljedima je ustanovljeno da se prinos usled napada lisne rđe može da smanji za 20 do 28% (Bošković, 1959). U Francuskoj je zabeleženo smanjenje u pojedinim rejonima do 30%, u Mađarskoj do 17% i u Poljskoj do 2%.

Štete od žute rđe u našoj zemlji nisu velike, ali su one katastrofalne za zemlje zapadne i severne Evrope, naročito u godinama epifitocija.

Pepelnica se zadnjih desetak godina javlja u epifitotičnim razmerama u našoj zemlji. Prosečno smanjenje prinosa u ogleđima, prema trogodišnjim rezultatima, kretalo se kod pojedinih sorta od 4,34% do 16,53% (Smiljaković, 1966). Dončev je eksperimentalno ustanovio smanjenje prinosa u Bugarskoj za 22%, a Benada i Mraz (1965) u Čehoslovačkoj za oko 19%. Liejerstam (1962) u Švedskoj navodi epifitocije koje su u stanju da godišnje smanje prinos između 2,5 i 7%.

Ovakvo stanje pokazuje da su bolesti glavni faktor koji pored ostalih utiče na formiranje prinosa.

Borba protiv bolesti pšenice uglavnom zavisi o prirodi parazita koji ih izazivaju. Na smanjenje inteziteta može se uticati hemijskim merama, a do-

nekle i pravilnim režimom ishrane i nege. Međutim, najefikasniji način za eliminisanje šteta jeste stvaranje i gajenje otpornih sorta.

Priroda otpornosti bila je i ostaje predmet mnogih istraživanja. Gäumann (1950) razlikuje pasivnu i aktivnu otpornost, koje pojedini autori definišu kao nespecifičnu i specifičnu. Pasivna otpornost ili pseudoimunitet se zasniva na smetnjama koje normalno postoje kod biljaka, a koje onemogućuju parazitu da dopre u biljku ili ako u nju dospe, da se ne može dalje razvijati. Pasivna odbrana biljaka, zasnovana na njihovim histološkim i hemijskim osobinama, može da bude od praktične vrednosti.

Aktivna otpornost biljaka prema parazitima zasniva se na aktivnim reakcijama njihovih tkiva, reakcijama koje dovode bilo do zastoja u razviću bilo do same smrti tih parazita. Ona se označava i kao odbranbena, jer nastaje kao posledica odbrambenih reakcija koje se još nazivaju i imunitetnim reakcijama. Ove reakcije mogu biti antiinfekcione i antitoksične.

Kod specifične otpornosti postoji uska korelacija između genetskog sistema za otpornost biljke i genetskog sistema za avirulentnost patogena. Ta korelacija između ova dva sistema omogućuje da osobina otpornosti dođe do punog izražaja. Izmeni li se bilo koji od ova dva sistema, menja se i stepen rezistentnosti.

Kod nespecifične otpornosti međutim, genetski sistem koji uslovljava otpornost biljke nije u tolikoj meri zavisao o genetskom sistemu koji uslovljava patogenost parazita. Biljke koje poseduju nespecifičan tip otpornosti uglavnom mogu da ga sačuvaju i u slučaju da se izmene faktori virulentnosti parazitne populacije.

Kod nespecifične otpornosti potrebno se osvrnuti na poljsku otpornost (field resistance) tolerantnost i izbegavanje napada patogena (escape).

Poljska rezistentnost označava relativno ograničen napad parazita i karakteristična je za odrasle biljke. Sorte s ovom otpornosti mogu biti jako osetljive u ranijim stadijumima razvoja. Poljsku rezistentnost uslovljavaju genetski faktori i uglavnom se nasleđuje nezavisno od drugih tipova otpornosti. Njena prednost je u tome što osigurava otpornost prema širem spektru fizioloških rasa, a nedostatak što je jače podložna promenama spoljne sredine. Prema Vallegi (1966) ovaj tip rezistentnosti bi trebalo znatno više koristiti u selekciji, naročito zbog toga što pruža veću mogućnost stabilnije otpornosti.

Tolerantnost se sastoji u tome što neke sorte, i pored jačeg razvoja patogena, daju normalan prinos. Suština ove pojave nije još razjašnjena, ali se smatra da postoji adaptacija između patogena i biljke. Tolerantnost se naročito sreće kod starih populacija koje su se prilagodile određenim uslovima. Ova osobina se lako gubi, a i komplikovano je ustanoviti da li je jedna sorta tolerantna ili ne.

Mnoge sorte ostanu pošteđene od napada parazita zato što ranije sazrevaju i izbegnu period intenzivnog stvaranja propagativnih organa parazita. Baziranje selekcionog programa na ovom sistemu otpornosti je veoma rizično. Usled promene spoljnih uslova parazit može da se znatno ranije razvije u jačoj meri, tako da sorta ne stigne da izbegne napad, i zbog toga jako strada.

Stvaranje otpornih sorta prema pojedinim patogenim organizmima je vrlo složen posao, jer se radi o dva živa organizma i o njihovom međusobnom odnosu. Tu je sa jedne strane biljka, koja ima svoju naslednost, svoju varijabilnost i svoje zahteve prema uslovima sredine, a sa druge patogen s istim tim osobinama. Posle infekcije uspostavlja se određeni međudnos između inficirane biljke i patogena. Reakcija je svojstvo biljke, patogenost svojstvo parazita, a tip infekcije svojstvo bolesti. Prema Loegeringu (1963) termin »bolest« ne može se upotrebiti u istom genetskom smislu kao termin »domaćin« i »patogen«, i zbog toga kod crne rđe predlaže naziv »aegri-corpus«. Ovaj termin označava određenu manifestaciju specifičnih genetskih interakcija između biljke i patogena.

Prvi preduslov za uspešnu selekciju predstavlja dobro poznavanje i sorte i parazita.

Selekcija na otpornost prema rđama datira veoma rano. Farer je u Australiji svoja istraživanja otpočeo 1886. godine i stvorio otporne sorte od kojih su neke još uvek od značaja za Veliku Britaniju i SAD. Nešto kasnije je Biffen u Engleskoj proučavao otpornost prema *Puccinia striiformis*, dok je Freeman, posle epifitocije crne rđe 1904. godine, otpočeo rad na stvaranju sorta pšenice otpornih prema *Puccinia graminis tritici*.

Teškoća prilikom ovih istraživanja ležala je u tome što nije bilo otpornih sorata među *Triticum vulgare*, već su izvori rezistentnosti morali da se traže među *T. monococcum*, *T. dicoccum*, *T. turgidum* i *T. durum*. U toku ukrštanja pojavio se problem sterilnosti, kao i prenošenje na potomstvo, pored otpornosti i niza nepoželjnih osobina.

Novi momenat u selekciji na otpornost nastupio je kad je Stakman sa svojim saradnicima 1916. godine otkrio postojanje fizioloških rasa i biotipova kod *Puccinia graminis tritici*. Postojanje fizioloških rasa ustanovljeno je kasnije i kod *Puccinia recondita*, *Puccinia striiformis*, *Erysiphe graminis* i drugih parazita pšenice.

Intezivna proučavanja fiziološke specijalizacije pružila su podatke o velikom stepenu varijabilnosti genotipova parazita, odnosno o širokom spektru fizioloških rasa i biotipova. Stvaranje novih fizioloških rasa i biotipova obavlja se hibridizacijom, mutacijom i heterokariozom. Potrebno je da se ovde osvrnemo na najnoviju koncepciju o identifikaciji fizioloških rasa.

Klasičan metod identifikacije upotrebom standardnih diferencijalnih sorata Zadoks (1966) naziva zatvorenim sistemom. Njegova primena je opravdana samo tamo gde se geni rezistentnosti, koji se nalaze u standardnim diferencijalnim sortama zastupljeni i u najrasprostanjenijim merkantilnim sortama, ili gde se standardne sorte koriste u selekciji, što je donekle slučaj u Severnoj Americi.

Korišćenje i suplementarnih pored standardnih sorta predstavlja modifikaciju prvog metoda. Ovaj, po Zadoksu, »poluzatvoreni sistem« predstavlja korak napred, ali je još uvek nepotpun. Dodatne sorte treba da predstavljaju izvore rezistentnosti za određenu zemlju ili region.

Za određivanje rasa Zadoks u Holandiji koristi tzv. »poljsku metodu (race nursery technique). Ovaj tzv. »otvoreni sistem« se sastoji u korišćenju otpornosti odraslih biljaka u rasadniku. Broj diferencijalnih sorata nije stalan i menja se prema potrebi, a umesto tipova infekcije na njima se očitava procent napada parazita. Rase određene na ovaj način nose naziv »poljske« rase. Ovo je danas u Holandiji standardna tehnika za određivanje fizioloških rasa žute i lisne rđe, a u Keniji i za crnu rđu. Od značaja je naročito za zemlje u kojima otpornost odraslih biljaka pruža adekvatnu zaštitu od rđe. Ona omogućava da se lakše otkrije i sačuva otporan materijal, koji bi inače, zbog osetljivosti u mladom stadijumu, lako mogao da bude odbačen.

Najnoviji aspekt koji će svakako potisnuti dosadašnje metode identifikacije fizioloških rasa jeste identifikacija gena umesto identifikacije rasa. Teorija gen-za-gen (gene-for-gene relationship) otvara nove perspektive u selekciji na otpornost. Prema njoj bolest se manifestira ako gen za reakciju u biljci ima odgovarajući komplementarni gen u patogenu. U ovom slučaju ova dva gena su »kompatibilna« i predstavljaju »kompatibilni par«. Kompatibilne gene za crnu rđu (serija Sr) identifikovao je Knott (1962) koji je takođe stvorio izogene ili supstitucione linije (single gene lines) koje sadrže po jedan poznati gen za otpornost. Izogene linije za lisnu rđu dobio je Anderson (1961). Macer (1964) je prvi odredio kompatibilne gene za žutu rđu, a radi i na stvaranju izogenih linija. Gen-za-gen teorija primjenjena je i kod *Erysiphe graminis tritici*. Powers i Sando su koristeći sorte Normandie i Little Club, ustanovili da Normandie poseduje gene Ml_t i Ml^u , koji uslovljavaju otpornost prema odgovarajućim rasama pepelnice. Proučavajući rase 116—2 i 116—3 otkrili su dva nezavisna gena za patogenost, koji su bili komplementarni genima u domaćinu. Aleli za virulentnost označeni su sa V_t i V^u , a aleli za avirulentnost sa A_t i A^u .

Poznavanje rezultata iz obimnih istraživanja koja se izvode u svetu mnogo olakšava rad na selekciji otpornih sorata. Proučavanje mladih biljaka pšenice pokazuje da jedan gen može da uslovljava reakciju od 1 do 20 rasa *Puccinia graminis tritici*. Ustanovljeno je da je rezistentnost prema istom

parazitu digena, trigena i multigena, i da može da bude dominantna ili recesivna. Otpornost odraslih biljaka uslovljava jedan ili više gena, a nasleđuje se nezavisno od rezistentnosti mladih biljaka.

Radovi o lisnoj rđi pokazuju da otpornost prema određenim rasama kontroliše jedan ili dva gena, što zavisi o roditelju koji se koristi. Rezistentnost je dominantna u nekim, a recesivna u drugim ukrštanjima.

Podaci o nasleđivanju *Erysiphe graminis tritici* ukazuje da otpornost uslovljava jedan, dva ili više gena. Otpornost je dominantna u nekim ukrštanjima, ali ako se koriste srednje otporne sorte onda je dominantna osjetljivost.

Uporedo s proučavanjem nasleđivanja dobiveni su rezultati i u identifikaciji gena za otpornost. MacKey (1966) smatra da geni Sr_6 Sr_{11} pružaju zaštitu prema evropskom spektru fizioloških rasa *Puccinia graminis tritici*, i da oni treba da posluže kao osnova za selekcion program Evrope. Gen Lr_9 bi, prema istom autoru, trebalo da predstavlja osnovu pri radu sa *Puccinia recondita*, a sorta C. I. 12633 sa *Erysiphe graminis tritici*.

Gen Sr_6 je zastupljen u nizu sorata — Red Egyptian, MacMurachy, Kenya 58, Kenya C. 9906, Kenya 122, Kenya 318 Kenya 341, Selkirk i dr., a gen Sr_{11} u sortama Lee, CI 12488 i Kenya Farmer, RL 2768.

Varijabilnost patogena jako utiče na ritam izmene sorata pšenice u proizvodnim područjima, o čemu nam najbolju sliku pružaju Sjedinjene Američke Države.

Do 1916. godine sorta Marquis je igrala značajnu ulogu u proizvodnji pšenice. Međutim, za vreme epifitocije crne rđe veoma je stradala zajedno sa drugim sortama. Posle ovoga nastupa period gajenja tvrdih pšenica, koje su takođe morale da budu zamenjene novim sortama, otpornim prema prevalentnim fiziološkim rasama. Čuvena sorta Kanrad morala je ustupiti mesto drugim sortama, što se desilo i sa Ceresom 1935. godine koji je jako stradao od rase 56. Kao otporan prema crnoj rđi i Thatcher je počeo da se širi 1934. godine, ali je zbog osetljivosti prema lisnoj rđi i *Fusariumu*, morao da se ograniči samo na određene rejone. Pojava rase 15B u epifitotičnim razmerama 1950. godine i izazivanje katastrofalnih šteta u celoj Severnoj Americi, nametnuli su nov program u selekciji, koji je morao da se orijentiše na otpornost prema pomenutoj rasi.

Kao što se vidi, vek otpornih sorata pšenice je relativno kratak. Otuđa je glavni zadatak selekcije kreiranje sorata, koje će se uspešnije odupreti promeni populacije patogena.

Da se ovo postigne postoje četiri načina:

1. stvaranje sorata čiji će genetski faktori osigurati otpornost na široj osnovi, ili koje sadrže specifične faktore, koji se u slučaju da postanu neefikasni, mogu zameniti;

2. akumulacija maksimalnog broja faktora u jednoj sorti;
3. korišćenje složenih ili višelinijjskih sorata, i
4. korišćenje rezistentnih sorata s različitim faktorima otpornosti, što u određenom području povećava broj faktora otpornosti.

Razvoj citogenetike pšenice je sada već dostigao stadij kada kontrola hromozomske konstitucije selekcionog materijala može znatno pridoneti korišćenju genetske varijabilnosti. U selekcionu tehniku može se uneti veća preciznost nego što je to bilo ranije, a genetska varijabilnost vrsta srodnih s pšenicom može se preneti u pšenicu. Ovo je znatno olakšalo i prenošenje faktora otpornosti iz sorte u sortu, čak i ako su genetski dosta udaljene. Postoji veliki broj radova iz ovog područja.

Riley (1966) je zamenom hromozoma u sorti Chinese Spring sa hromozomima sorte Capelle-Desprez dobio 21 supstitucionu liniju, od kojih je jedna otporna prema *Cercospora herpotrichoides*.

Law i Walfe (1966), također u Engleskoj, dobili su supstitucione linije Chinese Spring, koristeći sortu Hope, koja je otporna prema pepelnici.

Johnson (1966) je uspeo da stvori linije meke pšenice sa hromozomima *Agropyron elongatum*, koje su otporne prema lisnoj rđi. Ukrštanjem pšenično-pirevinskog hibrida sa sortom Thatcher, Knott je dobio linije otporne prema rasi 15B *Puccinia graminis tritici*. Ukrštanjem čistih linija sorte Vilmoren 27 s *Agropyron intermedium*, i daljim povratnim ukrštanjem s pšenicom, dobivene su dve linije, od kojih je jedna otporna prema lisnoj, a druga prema crnoj rđi.

Prenošenjem hromozoma raži u pšenicu u SAD-a su dobivene linije pšenice otporne prema pepelnici i lisnoj rđi. Razrađen je i metod prenošenja hromozoma *Aegilopsa*. Dobivene su linije pšenice sa hromozomima *Aegilops umbellulata* (Kimber, 1967) otporne prema rđi, *Aegilops ventricosa*, otporne prema *Cercospora herpotrichoides* i *Aegilops comosa*, otporne prema *Puccinia striiformis*.

Interesantno je osvrnuti se na problem složenih sorata. Korišćenje ovakvih sorata je predložio Jensen 1952. godine. Borlaug (1958) je nastavio s proučavanjem istog problema. Prema ovom autoru, velike površine pod jednom sortom s određenim genotipom, makar on posedovao faktore za otpornost, predstavljaju idealnu sredinu za pojavu epifitocija pojedinih fizioloških rasa, što nije slučaj ako se koriste složene sorte. Složena sorta se sastoji iz više linija, pri čemu svaka predstavlja poseban genotip, s faktorima otpornosti prema određenim fiziološkim rasama. Genotipovi se u pogledu izgleda biljaka, oblika i kvaliteta zrna ne razlikuju u daju ujednačen usev. Efikasnost u zaštiti od rđe leži u aktivnoj otpornosti svakog genotipa, odnosno linije prema odgovarajućim fiziološkim rasama. Ukoliko neka linija usled pojave nove fiziološke rase parazita postane osetljiva, može da se zameni drugom. Pored toga, u ovom slučaju nikad ne može doći do epifito-

cije, jer se patogen razvija samo na osetljivom genotipu, čija je procentualna zastupljenost u složenoj sorti relativno mala. Gajenje složenih sorta izgleda da je našlo primenu u Meksiku.

Na kraju bih dao izvesne sugestije u vezi našeg daljeg rada:

— Neophodno je izraditi jedan čvrst, opštejugoslovenski program o selekciji otpornih sorata pšenice. Programi ustanova koje rade na otpornosti treba da predstavljaju komponente pomenutog projekta.

— Dosadašnji rad na stvaranju sorata otpornih samo prema crnoj ili lisnoj rđi, odnosno pepelnici, treba modifikovati u smislu selekcije sorata koje će biti otporne prema sva tri parazita. U vezi s tim, neophodno je pojačati saradnju Centra za pšenicu, odnosno svih stručnjaka koji rade na ovom problemu.

— Pored otpornosti prema bolestima, trebalo bi posvetiti veću pažnju i na otpornost prema štetnim insektima.

— Nužno je smelije usvajati i primenjivati najsavremenije metode i tehniku istraživanja kako u fitopatološkom tako i u selekcionom radu.

— Pošto su i patogen i biljka u jakoj zavisnosti o uslovima sredine (temperatura, svetlost, vlažnost itd.) nameće se neprestano poboljšanje tehničke opreme i uslova rada, naravno, u srazmeri sa našim mogućnostima.

— U rešavanju problematike rđe i pepelnice, kao i drugih bolesti, treba uspostaviti užu saradnju sa zemljama koje su takođe zainteresovane za navedene probleme.

L I T E R A T U R A

1. B e n a d a J., M r a z F.: Padli travni (*Erysiphe graminis* DC.) na pšenici. I. Škodljivost padli. Ochrana rostlin, 1, 1965.
2. B o r l a u g N. E.: The use of multilineal or composite varieties to control airborne epidemic diseases of self-pollinated crop plants. First International Wheat Genetics Symposium, Winnipeg, Manitoba, Canada, 1958.
3. B o š k o v i ć M.: Štetnost lisne rđe (*Puccinia rubigo-vera tritici*) na pšenici u 1958. godini. Savremena poljoprivreda, No 4, 1959. Novi Sad.
4. G ä u m a n n E.: Principles of plant infection. Crosby Lockwood and Son, Ltd. London, 1950.
5. L e i j e r s t a m B.: Studies in powdery mildew on wheat in Sweden. National Institute for Plant Production Contributions 12, 1962.
6. L o e g e r i n g W. Q.: The relationship between host and pathogen in stem rust of wheat. Proceedings of the second international wheat genetics Symposium. Hereditas, Suppl., Vol. 2, 1963.
7. R i l e y R.: Cytogenetics and Wheat Breeding. Proceedings of the fifth Yugoslav Symposium on research in wheat. Savremena poljoprivreda, 11-12, 1966. Novi Sad.
8. S m i l j a k o v i ć H.: Proučavanje biologije, ekologije i suzbijanja *Erysiphe graminis* D. C., parazita pšenice u SR Srbiji. Zbornik radova Zavoda za strana žita u Kragujevcu, God. I, Sv. 1, 1966.

9. Vallega J.: Problems related to breeding for rust resistance in wheat. Proceedings of the fifth Yugoslav Symposium on research in wheat. Savremena poljoprivreda, 11-12, 1966. Novi Sad.
10. Walker J. C.: The role of pest resistance in new varieties. Plant Breeding, University Press, Ames, Iowa, 1966.
11. Zadoks J. C.: Epidemiology of wheat rusts in Europe. FAO Plant Protection Bulletin, Vol. 13, No 5, 1965.
12. Zadoks J. C.: Problems in race identification of wheat rust. Proceeding of the fifth Yugoslav Symposium on research in wheat. Savremena poljoprivreda, 11-12, 1966. Novi Sad.
13. Zaikina I. N.: Perenos tenov i hromosom kak metod cozdanija ustoičivih sortov. Selskoe hozjajstvo za rubežom. Rastenievodstvo, No 3, 1968.