

**VAŽNOST OPLEMENJIVANJA OZIME PŠENICE NA OTPORNOST NA
FUZARIJSKU PALEŽ KLASA (*Fusarium graminearum* Schw. i *Fusarium
moniliforme* var. *subglutinans*)**

Slobodan TOMASOVIĆ¹⁾,
Viktorija VLAHOVIĆ²⁾,
Branko SESAR³⁾

Izvorni znanstveni rad
Prilježeno 28. 04. 1993.

SAŽETAK

U proizvodnji pšenice genetski potencijal rodnosti ne ostvaruje se u potpunosti zbog utjecaja negativnih činilaca, koji djeluju na urod, kvalitetu zrna i brašna, kao i na njihovo zdravstveno stanje. Jedan od negativnih faktora je fuzarijska palež klasa, koju u našem uzgojnom području pšenice uzrokuje najčešće *Fusarium graminearum* Sschw., i u novije vrijeme *Fusarium moniliforme* var. *subglutinans*.

Razvoju bolesti osobito pogoduju visoke temperature preko 26°C u vrijeme cvatnje pšenice uz visoku relativnu vlažnost zraka. Pojava jačeg napada ove bolesti posljedica je uskog plodoređa (kukuruz-pšenica i obrnuto, te pšenica iza pšenice), kao i intenzivne gnojide naročito dušikom. Poluniski genotipovi i gusti sklop doprinjeli su u posljednje vrijeme intenzivnijem napadu na klasove pšenice. Parazit je stalno prisutan u tlu i ima male hranidbene zahtjeve, a po svojoj prirodi je i parazit i saprofit, što znači da može živjeti na živoj i mrtvoj organskoj materiji. Fuzarijska palež klasa uzrokuje znatno sniženje uroda pšenice, koja mogu iznositi 50%, čak i 80%, a što je ovisno o utjecaju navedenih vanjskih faktora i o genotipu. Primjenom prikladnog plodoređa, te upotrebom zdravog i kvalitetnog sjemena mogu se postići sigurni rezultati u zaštiti pšenice od ove bolesti. Međutim, najekonomičnija i najefikasnija zaštita postiže se uzgojem otpornih sorti pšenice, jer i u svijetu ovaj problem nije do kraja riješen kemijskim putem zaštite. Zato široka praksa rješenja očekuje od oplemenjivanja i uzgoja otpornih sorti. Program unašanja otpornosti pšenice prema fuzariozama klasa veoma je kompleksan. Radi se o fakultativnom parazitu, prema kojem je mehanizam oplemenjivanja i model nasljeđivanja također kompleksan.

Još početkom 70 godina prateći razvoj bolesti klasa pšenice, došlo se do saznanja, da će fuzarioze klasa predstavljati sve veći problem u proizvodnji pšenice. Sve jači napad na klasovima pšenice u Republici Hrvatskoj uočen je od 1975. godine na dalje. Zbog sve većih šteta uvjetovanih napadom fuzarioza klasa, pristupilo se u Institutu za oplemenjivanje i proizvodnju bilja u Zagrebu rješavanju problema stvaranjem sorti otpornih na ovu bolest. Započelo se 1978. godine oplemenjivačkim programom selekcije pšenice otporu na fuzarijsku palež klasa. Prethodne 1976. i 1977. godine

RH 41000 ZAGREB

Institut za oplemenjivanje i proizvodnju bilja - Zagreb,,
Zavod za strne žitarice Botinec
Institute for Breeding and Production of field Crops - Zagreb
Department of Small Grain Cereal Crops - Botinec
dr. agr. znanosti, Doc. agr. sci., oplemenjivač
mr. agr. znanosti, Mast. agr. sci., fitopatolog
mr. agr. znanosti, Mast. agr. sci., sjemenar

- 1)
- 2)
- 3)

obnovljeno skupljanje izvora otpornosti. Do 1980. godine skupljeno je 870 genotipova, koji su testirani u Botincu u uvjetima umjetne i prirodne infekcije. Osobito se isticalo 25 genotipova od kojih je na bazi razine otpornosti i vrijednih gospodarskih svojstava za daljnji rad odabrano 7 izvora otpornosti.

Odgovarajućim metodama križanja mogu se akumulirati u potomstvu geni otpornosti iz raznih izvora. Dobiveni su novi izvori poboljšane razvojne otpornosti, koji se koriste u programu oplemenjivanja Zg-pšenica u stvaranju linija (sorata) pšenice visokog uroda, otpornih na ovu bolesst. U tijeku selekcijskog procesa u uvjetima umjetne infekcije izdvojeno je najotpornije potomstvo iz nekih kombinacija križanja unutar kojih su birane najotpornije biljke vrijednih gospodarskih svojstava, iz kojih su u preliminarnim i komparativnim sortnim mikro-pokusima odabrane nove linije poboljšanje otpornosti u odnosu na roditelje (početne izvore). Izdvojeno je 5 Zg-linija pšenice vrijednih gospodarskih svojstava i poboljšane razine otpornosti na fuzarijsku palež klasa u odnosu na postojeću razinu otpornosti u svijetu.

Glede smjernica za budući rad u smislu daljnjih istraživanja i daljeg poboljšanja otpornosti, namjeravamo uvesti nove tehnike i nove metode, osobito efikasnije metode selekcije u oplemenjivanju pšenice. Poboljšanjem novim metodama i novim tehnikama, povećala bi se efikasnost oplemenjivanja sorata otpornih na fuzariozu klasa, koja postaje ekonomski sve opasnija oboljenje u određenim područjima proizvodnje pšenice. Kod novih linija pšenice u idućem ciklusu oplemenjivanja, uz visoki urod i unošenje trajnije otpornosti, namjera nam je još više poboljšati kvalitetu zrna i brašna.

IMPORTANCE OF WINTERWHEAT BREEDING FOR RESISTANCE TO FUSARIUM HEAD BLIGHT (*Fusarium graminearum* Schw. and *Fusarium moniliforme* var. *subglutinans*)

S. TOMASOVIĆ, V. VLAHOVIĆ,
B. SESAR

Original scientific paper
Received 28.04.1993.

SUMMARY

In wheat production, genetical yielding potential is not being fully realized because of some negative factors adversely affecting yield, grain and flour quality, as well as their sanitary condition. One of the negative factors is *Fusarium* head blight, in our wheat growing areas most frequently caused by *Fusarium graminearum* Schw. and, more recently, by *Fusarium moniliforme* var. *subglutinans*.

Disease development is particularly favoured by high temperatures at anthesis, above 26°C, with high relative air humidity. Higher severities usually occur as a result of narrow crop rotation (maize-wheat and vice versa and wheat following wheat), and intensive fertilizer rates, especially nitrogen. Semidwarf genotypes and dense stands have lately favoured more severe spike infection. The parasite is permanently present in the soil and has simple nutritional requirements. It is both parasite and saprophyte by nature, which means that it can survive on living or dead organic matter alike. *Fusarium* head blight may cause considerable yield reductions of as high as 50 or even 80% depending on the above environmental factors and the genotype.

By applying adequate crop rotation and planting healthy and quality seeds,

reliable results in protecting wheat against this disease can be achieved. However, the most economical and most effective control is achieved by growing resistant genotypes, because by chemical control this problem has not been completely solved in the world either. Therefore, what wheat offered from breeding i. e. growing resistant varieties. Program of incorporating resistance to *Fusarium* diseases on spike into wheat is very complex, so is breeding mechanism and model of inheritance because we are dealing with a facultative parasite.

As early as in the beginning of 1970-s, while monitoring spike disease development we came to realize that *Fusarium* diseases on spike would pose a big problem in wheat production. Increased severities on spikes in Republic Croatia were reported from 1975 on. Because of the growing damages resulting from *Fusarium*, the Zagreb Institute for Breeding and Production of Field Crops initiated work on solving this problem in terms of developing resistant varieties. Breeding program was started in 1978 and was aimed at developing wheats resistant to *Fusarium* head blight. Prior to that, in 1976 and 1977, work on collecting sources of resistance was started. Until 1980, 870 genotypes were collected and tested in Botinec under artificial and natural infection, 25 genotypes stood out, of which 7 sources of resistance were chosen for further work based on their level of resistance and valuable agronomic traits.

By using suitable methods of crossing, resistance genes from various sources can be accumulated in progenies. Thus, new sources of improved resistance level are obtained and then used in breeding programs for development of high-yielding lines (varieties) resistant to this disease. During breeding process, the most resistant progeny was screened under artificial infection from certain combinations among which the most resistant plants with good agronomic traits were selected, and from which new lines with improved resistance level relative to their parents (initial sources) were selected in preliminary and comparative small-scale trials. Five Zg-lines were screened which exhibited good agronomic traits and improved resistance to *Fusarium* head blight as compared to the existing resistance level in the world.

As for the guidelines for the future work and further investigations for improved resistance level, we intend to introduce new techniques and methods, especially those more effective screening methods used in breeding wheat. Improvements achieved by using these new methods and techniques could provide higher effectiveness of breeding for resistance to *Fusarium* head blight, which, in economic terms, is becoming an increasingly important disease in some wheat growing areas. What we intend to do in the next breeding cycle is to further improve grain and flour quality of the new wheat lines.

UVOD I CILJ ISTRAŽIVANJA

Sorta je prvi čimbenik proizvodnje, jer predstavlja kapacitet koji treba iskoristiti. Nije samo važno stvoriti sortu visokog genetskog potencijala rodnosti, nego je osim toga vrlo važno osigurati uvjete da se taj potencijal maksimalno iskoristi. Genetski kapacitet rodnosti ne iskorištava se u potpunosti zbog utjecaja negativnih čimbenika, koji djeluju na urod, stabilitet uroda, te kvalitetu zrna i brašna. Jedan od ograničavajućih faktora uroda u cjelini su gljivične bolesti pšenice.

U našoj zemlji se već duže vrijeme radi na stvaranju otpornih sorti, Zahvaljujući dobro razrađenom programu selekcije (Borojević, Potočanac i Teofilović, 1960) u nas

je stvoren broj sorti od kojih se većina odlikuje visokom rodnošću, dobrom kvalitetom, a neke i poboljšanom otpornošću na bolesti, naročito na rde pšenice i pepelnice. Rad na otpornosti novih sorti prema drugim patogenima kao na primjer *Fusarium* spp. za sada je bio manje uspješan.

Usporedo s razvitkom proizvodnje dobile su na značaju neke nove bolesti, tzv "bolesti visokog standarda", koje postaju u nekim slučajevima limitirajući faktor proizvodnje (Kišpatić, 1980). Gusti sklop kao i polupatuljasti genotipovi pšenice uvjetovali su u novije vrijeme intenzivniji napad fuzarijske paleži klasa koju najčešće izaziva *Fusarium graminearum* Schw. i u novije vrijeme *Fusarium moniliforme* var. *subglutinans* (Tomasović, 1981; Milatović, Vlahović i Tomasović, 1982;

Tomasović, Vlahović i Milatović, 1983; Tomasović i Vlahović, 1986; Tomasović, 1987). To je bio razlog da se u Institutu za oplemenjivanje i proizvodnju bilja u Zagrebu, 1978. godine pristupilo radu na stvaranju sorata otpornih i na ovu bolest. Oboljenje je sve izraženije na klasovima pšenice osobito u godinama kada u vrijeme klasanja, a osobito u vrijeme cvatnje vladaju visoke temperature (26°C i više) i visoka relativna vlažnost (više od 85% relativne vlage).

Imajući u vidu važnost i stanje istraživanja problematike fuzarijske paleži klasa (*Fusarium* spp.) pšenice postavljen je zadatak: identifikacije i izučavanje izvora otpornosti pšenice na fuzarioze klasa uzrokovane *Fusarium graminearum* Schw. najčešće za naše uvjete proizvodnje. Izučavanje mogućnosti da se križanjem identificiranih izvora otpornosti poveća i poboljša razina otpornosti i najzad da se tako poboljšani izvori otpornosti koriste u programu oplemenjivanja pšenice, tj. stvaranja novih linija (sorti), koje će pored poželjnih gospodarskih svojstava te dobre adaptabilnosti našim proizvodnim uvjetima, posjedovati i otpornost na fuzarijsku palež klasa. Polazi se od pretpostavke da će ovako postavljena istraživanja i rezultati koji se očekuju omogućiti pouzdan izbor roditeljskih kombinacija za stvaranje superiornih linija pšenice otpornih na fuzarioze klasa, te doprinjeti daljnjem unapređenju oplemenjivanja pšenice u našoj zemlji, a kroz to i proizvodnji pšenice u nas.

MATERIJAL I NAČIN ISTRAŽIVANJA

Fuzarioze klasa pšenice su postale vrlo značajna bolest u našim uvjetima proizvodnje. Zato je 1976. godine i započet sistematski rad na pronalaženju izvora otpornosti i unošenju otpornosti u genotipove pogodne za intenzivnu proizvodnju na našem proizvodnom (uzgojnom) području. Kod izbora izvora otpornosti korištena je umjetna i prirodna infekcija (Vlahović, Tomasović; Tomasović, Vlahović). Tako od 1976-1980. godine u oba načina infekcije testirano je oko 870 genotipova pšenice kako domaćeg tako i stranog porijekla. Međutim, umutar testiranog materijala po nivou otpornosti i boljim gospodarskim svojstvima izdvajalo se 25 sorti i linija pšenice (tablica 1).

Spomenuti genotipovi su uglavnom porijeklom iz Brazila, Kine, Japana, Rusije i Francuske.

Od 25 genotipova pšenice ispitanim u 1980. gidini za križanja u 1981. godini izdvojeno je 7 genotipova koji su izabrani na osnovu ocjene intenziteta napada *Fusarium graminearum* Schw. i boljih gospodarskih svojstava pogodnih za naše uvjete proizvodnje (tablica 2). Kod izbora se vodilo računa o zemljopisnoj udaljenosti kao i o genetskoj varijabilnosti genotipova. Na njima su provedena križanja počev

Tablica 1: Neka najvažnija svojstva izvora otpornosti pšenice prema *Fusarium Graminearum* Schw. (Zagreb-Botinec, 1976-1980)

Red. broj	Ime sorte	Visina (cm)	Poljeganje (0-9)	Datum klasanja + Zlatna Dolina	Napad bolesti u uvjetima prirodne infekcije				Pucc. recondita (0-9)	
					Fusarium graminearum Schw. umjetna inf. prirodna inf. (0-5)	Fusarium graminearum Schw. (0-5)	Erysiphe graminis (0-9)	Pucc. graminis (0-9)		
1.	Toropi (S1)	106,5	1	+5	2,75	1,16	1	5	7	5
2.	Encruzilhada	115,0	7	+5	1,00	0,16	5	7	5	5
3.	Nobocoka Bouz	120,0	7	+7	1,00	0,00	3	5	7	8
4.	Nyu Bay	108,5	7	+8	1,00	0,00	3	6	5	6
5.	Pekin -8	84,5	0	-2	2,00	0,00	5	7	7	5
6.	Inayama	82,0	0	-7	2,00	1,00	5	5	8	8
7.	Minami Kyuchu - 69	70,0	0	-4	3,55	2,00	5	6	8	8
8.	Nori -34	105,0	5	+4	2,00	1,00	0	7	0	0
9.	Jan Nun No. 78	90,0	3	-4	1,00	0,00	1	4	7	2
10.	Jan Nun No. 685	95,0	3	-6	3,50	2,00	7	5	2	7
11.	Tai Shan No. 4	78,0	0	-5	3,20	1,50	6	5	8	2
12.	Jihnan No. 2	88,0	5	-5	3,50	1,50	6	6	6	6
13.	Jihnan No. 6	110,0	8	-6	3,50	2,00	6	6	8	6
14.	Jihnan No. 9	107,0	8	-3	3,40	1,50	7	7	6	6
15.	Chinese No. 39	85,5	3	0	3,30	1,50	5	7	8	6
16.	Chinese No. 40	89,0	0	-5	2,50	1,00	2	5	7	6
17.	Bizel	95,0	0	+12	1,05	0,33	5	2	3	7
18.	Poncheau	116,0	0	+11	1,10	0,00	3	5	5	5
19.	Rozon	70,8	0	+5	2,88	1,00	3	2	2	5
20.	(V. P. M. xMoisson) 4	75,0	0	+4	2,00	1,00	3	2	7	3
21.	(D48x42x6)2	75,0	0	+5	2,00	1,00	1	2	7	3
22.	Mironovskaya 808	110,0	5	+11	1,25	0,50	1	3	5	5
23.	Belaya-čerkov	117,0	7	+12	2,50	0,66	5	7	5	7
24.	Poleskaya 70	90,0	2	+7	2,80	2,00	3	5	3	2
25.	Poleskaya 71	92,0	2	+8	2,50	2,00	3	5	2	2
26.	Zlatna Dolina	75,0	0	0	4,00	2,00	5	5	3	3

od 1981. godine na dalje. Ostali izvori nisu uzeti u program križanja, pošto su vrlo ekstenzivni, višeg su habitusa rasta, imaju slabo fertile klasove, neotporni su na ostale važne bolesti pšenice, posebno na rde i pepelnicu, neki su jako rani (kineski i japanski genotipovi), a drugi su opet kasni (genotipovi iz Francuske i Rusije). Iznose se naka najvažnija svojstva odabranih izvora otpornosti. Porijeklom su iz Brazila, Francuske i Rusije. Odabrani izvori otpornosti su slijedeći: Toropi, Encruzilhada, Roazon, Bizel, Poncheau, Mironovskaya 808 i Belaya-Cerkov (tablica 2).

Toropi (S₁) i Encruzilhada su porijeklom iz Brazila, jari su genotipovi, imaju dobro fertile i dugačke klasove. Osobito je pogodan Toropi (S₁), koji ima dobra gospodarska svojstva i dobar je kombinator u križanjima. Međutim, spomenuti genotipovi slabije busaju. Iz Francuske su dobiveni: Bizel, Poncheau i Roazon. Ovi genotipovi su intenzivnog tipa uzgoja, vrlo su rodni, imaju bujniju vegetativnu masu, predstavljaju vrijednu germplazmu u križanju, a neki od njih su s većim udjelom u proizvodnji (Roazon). Dosta su kasniji u odnosu na naše standarde. Tu se izdvajaju Bizel i Poncheau koji su za čak 10-11 dana kasniji u odnosu na Zlatnu Dolinu, kao i Super Zlatnu, ali se zato ističu vrlo visokom razinom otpornosti na fuzarioze klasa. Među spomenutim genotipovima izdvaja se sorta Roazon polupatuljastog tipa uzgoja, koja je vrlo rodna, ima dobro fertile i rodne klasove. Po dužini vegetacije je za 4-5 dana kasnija od Zlatne Doline, odnosno Super Zlatne. Dobar je kombinator u križanjima, ali zato ima nižu razinu otpornosti na fuzarioze klasa u odnosu na spomenute genotipove. Rusku sortu Mironovskaya 808 karakteriziraju dobre gospodarske osobine, i njena je germplazma ugrađena u mnoge sorte širom svijeta. Ističe se dobrom adaptabilnošću, otporna je na niske temperature, dobre kvalitete zrna, te zahvaljujući visokoj biološkoj plastičnosti osigurava dobre i kvalitetne urode zrna i brašna. Belaya-cerkov dobivena je iz Grean-Centrum-a (Feekes). Porijeklom je iz Rusije. To je visoki genotip pšenice i dosta je kasniji u odnosu na naše standarde. Tako u odnosu na Zlatnu Dolinu kasni čak za 12 dana (tablica 2).

KRIŽANCI U RANIM GENERACIJAMA

U 1981. godini izvršena su međusobna križanja 7 odabranih izbora otpornosti na fuzarioze klasa po shemi polovičnog dialela radi što veće kukulacije gena otpornosti (frekvencija poželjnih gena). U 1982. godini su načinjena među-križanja F₁ generacije. Načinjene su 34 kombinacije dvostrukih križanja kod čega su u svakoj kombinaciji bila zastupljena 4 različita roditelja, pretpostavljajući time da je veća mogućnost kumulacije poželjnih gena otpornosti.

U 1983. godini postavljena su 4 pokusa i to tako da je svaki pokus zasnovan od odgovarajućih kombinacija dvostrukih križanja (F₁ x F₁ - križanci, F₂ - derivirana generacija), njihovih F₁ kombinacije dvostrukih križanja načinjena su 4 pokusa (2 u uvjetima umjetne i dva u uvjetima prirodne infekcije) i to na osnovu raspoložive količine zrna. U pokusima su istovremeno testirani roditelji (izvori otpornosti), križanci F₁ i F₁ x F₁ generacije na otpornost prema *Fusarium graminearum* Schw. Testiranje je obavljeno da bi se utvrdile najotpornije kombinacije križanja na navedenu bolest u svrhu daljnjih križanja radi oplemenjivanja novih izvora otpornosti uvedenih u program oplemenjivanja pšenice Instituta za oplemenjivanje i proizvodnju bilja u Zagrebu.

S. Tomasović et al.: Važnost oplemenjivanja ozime pšenice na otpornost na fuzarijsku palež klasa (*Fusarium graminearum* Schw. i *Fusarium moniliforme* var. *subglutinans*)
Sjemenarstvo 10(93)1-2, str. 3-24

Tablica 2: Neke svojstva izabranih izvora otpornosti pšenice prema *Fusarium Graminearum* Schw. (Zagreb - Botinec, 1980)

Red. broj	Ime sorte	Porijeklo	Visina (cm)	Polijeganje (0-9)	Datum klasanja +- Zlatna Dolina	Napad bolesti u uvjetima prirodne infekcije					
						Fusarium graminearum Schw.		Septoria nodorum	Erysiphe graminis	Puccinia graminis	Puccinia recondita
						umjet. inf.	prir. inf.				
1.	Toropi (SI)	Brazil	106,5	1	+5	(0-5) 2,75	(0-5) 1,16	1	(0-9) 5	(0-9) 7	(0-9) 5
2.	Encruzilhada	Brazil	115,0	7	+5	1,00	0,16	5	7	5	5
3.	Bizel	Francuska	95,0	0	+12	1,05	0,33	5	2	3	7
4.	Poncheau	Francuska	116,0	0	+11	1,10	0,00	3	5	5	5
5.	Roazon	Francuska	70,8	0	+5	2,88	1,00	3	2	2	5
6.	Mirnovskaya 808	Rusija	110,0	5	+11	1,25	0,50	1	3	3	5
7.	Belaya-cerkov	Rusija	117,0	7	+12	2,50	0,66	5	7	5	7
8.	Zlatna Dolina	Hrvatska	75,0	0	0	4,00	2,00	5	5	3	3

NOVI IZVORI OTPORNOSTI

Na provedenim pokusima (pokus 1 i pokus 2) u 1983. godini u uvjetima umjetne infekcije izvršeno je testiranje otpornosti pšenice na fuzarijsku palež klasa kod jednostrukih i dvostrukih križanaca F_1 i $F_1 \times F_1$ generacije u odnosu na njihove roditelje (izvore otpornosti). Nakon testiranja izdvojene su najotpornije kombinacije križanja F_1 i $F_1 \times F_1$ generacije, kod čega se odabralo 6 kombinacija križanja na kojima je u 1984. godini provedeno križanje po shemi polovičnog dialela (15 kombinacija križanja F_1 generacije). Na 15 F_1 kombinacija križanja u 1985. g. su izvršena daljnja križanja po shemi polovičnog dialela. Dobiveno je 105 F_1 kombinacija križanja na kojima su provedena testiranja u F_2 i daljnjim generacijama u uvjetima umjetne infekcije (rasadnik *Fusarium-a*) (1987-1989. godine) u stanju djelomične fiksacije gena. Taj proces testiranja se i dalje nastavio (k potpunoj fiksaciji gena - stanje homocigotnosti). Dobivene kombinacije križanja su novi (domaći) oplemenjeni izvori otpornosti.

NOVE LINIJE

Odabrane biljke (OB) u 1983. godini u uvjetima umjetne infekcije kao i potomstva odabranih najotpornijih klasova (OK), koristili su se u procesu oplemenjivanja pšenice na otpornost prema *Fusarium graminearum* Schw., tako da su u 1988. i 1989. godini proizvedene linije $F_6 - F_9$ generacije dobrih gospodarskih svojstava sa poboljšanom otpornošću na fuzarioze klasa.

U toku procesa selekcije pšenice na otpornost prema *Fusarium graminearum* Schw. vršeno je testiranje linija izvedenih iz križanja izvora otpornosti međusobno, odnosno izvora otpornosti s genotipovima dobrih gospodarskih osobina. Linije su ispitivane na otpornost prema navedenom patogenu u uvjetima prirodne, a posebno u uvjetima umjetne infekcije (rasadnik *Fusarium-a* počev od F_2 generacije na dalje). Linije koje su po pokazale zadovoljavajuću otpornost na fuzarioze klasa, te imale dobar gospodarski tip (niži habitus rasta, dobro busanje i drugo), najprije su date na ispitivanje u preliminarnim linijskim pokusima, a potom u komparativnim sortnim pokusima. Preliminarna ispitivanja linija izvedena su na bazi jedne repeticije gdje je osnovna veličina parcelice $7,5 \text{ m}^2$. Komparativni sortni pokusi su postavljeni po standardnoj blok-metodi slučajnog rasporeda u 5 poveljanja, gdje je osnovna veličina parcelice 5 m^2 . Paralelno je postavljena i 6-a repeticija na površini od $30-60 \text{ m}^2$, ovisno o količini sjemena iz prethodnih parcelica. U pokuse je uključivano 16 linija u komparaciji sa standardima: Super Zlatna i Sana.

Posebno je analiziran napad bolesti u uvjetima umjetne i prirodne infekcije s naglaskom na napad *Fusarium graminearum* Schw. i njegovu povezanost s urodom zrna i njegovim najvažnijim komponentama.

PROCJENA OTPORNOSTI PŠENICE NA FUZARIOZE KLASA

Svi sakupljeni genotipovi pšenice testirani su na eksperimentalnom polju u Botincu Instituta za oplemenjivanje i proizvodnju bilja u Zagrebbu na otpornost na fuzarijsku palež klasa u uvjetima prirodne i posebno u uvjetima umjetne infekcije.

Umjetna infekcija s odabranim izolatima *Fusarium graminearum* Schw. u odraslom stadiju na polju, glavni je test pomoću kojeg se ispituje uspješnost unošenja

svojstva otpornosti jednostrukim i višestrukim križanjima u pojedine genotipove.

Za umjetnu infekciju sakupljeni su infektivni uzorci pšenice sa šireg proizvodnog područja pšenice. Prikupljeni uzorci služili su za uzgoj čiste kulture za inokulaciju. Sa skupljenih zaraženih uzoraka proizvedeni su čistu kulturu izolati *Fusarium graminearum* Schw., koji su se razlikovali po rastu i razvoju gljive u čistoj kulturi. Izražena je razlika izolata u jačini sporulacije. Izbor izolata za proizvodnju inokuluma za umjetnu infekciju je proučavanje morfoloških i fizioloških karakteristika gljive (kriteriji). Jedan od kriterija je i vrijeme sporulacije od cijepjenja na hranjivu podlogu do pojave prvih konidija. Sporulacija je praćena po izolatima posebno, a također i neposredno pred umjetnu infekciju same suspenzije spora. Za suspenziju spora uzeti su izolati koji su najjače sporulirali. Ocjena izolata obavljena je na bazi skale od 1^+ - 5^+ . Pošto su odabrani najbolji izolati smatralo se da ne treba ići na provjeravanje njihove klijavosti prije prskanja klasova.

Otpornost je iskazana na temelju ocjene po skali od 0-5 (0-1 = R- otporan, 2 = MR-srednje otporan, 3 = MS-srednje osjetljiv, 4 = S- osjetljiv i 5 = VS (AS) -visoko osjetljiv, gdje je 0 = nema zaraze, 5 = preko 75% oboljelih klasova). Ocjena je obavljena u fazi mlječne odnosno mlječno-voštane zrelosti. Izvršena su dva očitavanja napada *Fusarium graminearum* Schw. na polju. Očitavanje jačine napada patogena po naprijed navedenoj skali (0-5), vršeno je 15 dana nakon svake infekcije.

Procjena otpornosti pšenice na fuzarioze klasa izvršena je putem intenziteta napada patogena *Fusarium graminearum* Schw. (ocjena). Intenzitet napada *Fusarium graminearum* Schw. iskazan je u vidu nivoa otpornosti. Naime nivo otpornosti načinjen je na osnovu intenziteta napada po skali od 0-5. Intenzitet napada je načinjen na osnovu dvije ocjene, pri čemu su uzimane veće vrijednosti napada (druga ocjena). (Luzzardi i dr., 1974; Bekele, 1984; Liu, 1984).

Metoda umjetne infekcije je modificirana prema našim vlastitim iskustvima i prilagodili smo je klimatskim uvjetima uzgojnog područja pšenice. Nije vršeno pokrivanje tretiranih klasova pšenice obzirom da su temperature u svibnju visoke, te je to obavljeno u popodnevним satima (večernjim) kada je temperatura niža, a vlaga povoljna. Tada je i aktiviranje spora povoljno (12 sati). Tretiranje je vršeno u kasnim poslijepodnevним satima, kako bi se izbjegle dnevne vrućine, a udovoljilo potrebama gljive za visokom relativnom vlagom kod klijanja spora (pojava rose tokom noći). Tim postupkom izbjegnuta je upotreba plastične folije koju mnogi autori preporučuju. Za naše područje upotreba folije je ograničena zbog visokih dnevnih temperatura kada može doći do ugibanja biljaka. Umjetna infekcija vršena je u fazi cvatnje pšenice, tj. kada je 50% i više pšenice u cvatnji. Zbog različitog genetskog materijala odnosno različite dužine vegetacije infekcija je vršena u različitim rokovima i to obično u 2-3 navrata, pa i češće (Milatović, Vlahović, Tomasović, 1982; Tomasović, Vlahović, Milatović, 1983).

REZULTATI ISTRAŽIVANJA S RASPRAVOM

U 1983. godini nakon provedenih testiranja (umjetna infekcija) odabrane su tri kombinacije jednostrukih i tri kombinacije dvostrukih križanja F_1 i $F_1 \times F_1$ generacije (tablica 3). Na odabranim kombinacijama križanja u 1984. godini su načinjena daljnja križanja u smislu kumulacije poželjnih gena otpornosti na fuzarijsku palež klasa. Napravljeno je 15 F_1 kombinacija križanja (tablica 4). U 1985. godini u svrhu što veće

kumulacije poželjnih gena otpornosti na fuzarioze klasa načinjeno je 105 F₁ kombinacija križanja, čiji su F₁ križanci u 1986. godini proučavani u uvjetima prirodne infekcije. Obavljeno je ocjenjivanje intenziteta napada *Fusarium graminearum* Schw. (vizualna usporedba) na malim parcelicama (1,20 m x 0,25 m) paralelno sa izvorima otpornosti (roditelji), te standardima (Super Zlatna i Sana). Isto tako u uvjetima prirodne infekcije proučavana su odabrana potomstva biljki i klasova (OB, OK) na važna gospodarska svojstva u smislu odabiranja najboljih potomstava za daljnji rad. Od 105 F₁ kombinacija križanja u uvjetima umjetne infekcije u 1987. godini (križanci F₂ generacije), odabrano je svega 10 najotpornijih kombinacija križanja (tablica 5). Križanci F₂ generacije su imali pogodna ostala važna gospodarska svojstva (niži habitus rasta, raniji tipovi, dobro busanje, otpornost na druge bolesti i slično), a što je sve proučavano vizualnom selekcijom.

Tablica 3: Prikaz odabranih jednostrukih i dvostrukih križanaca F₁ i F₁ x F₁ generacije izvora otpornosti pšenice prema *Fusarium graminearum* Schw. u odnosu na njihove roditelje i standarde (pokusi 1 i 2) u 1983. godini u uvjetima umjetne infekcije (Zagreb - Botinec)

Redni broj	Roditelji standardi F ₁ te F ₁ x F ₁ križanci	Intenzitet napada (0-5)*
1.	Tropi (Trp)	2,85
2.	Roazon (Rzn)	3,99
3.	Encruzilhada (Ecr)	0,57
4.	Bizel (Bzl)	1,17
5.	Mironovskaya 808 (M-808)	1,45
6.	Balaya - cerkov (Blc)	2,70
7.	Poncheau (Pnc)	1,26
1.	Super zlatna	4,00
2.	Sana	3,00
1.	(Bizel x Mironovskaya 808)	0,61
2.	(Mironovskaya 808 x Poncheau)	0,54
3.	(Belaya - cerkov x Poncheau)	1,25
1.	/(Bizel x Poncheau) x (Toropi x Encruzilhada)/	2,00
2.	/(Roazon x Bizel) x (Bizel x Poncheau)/	1,67
3.	/(Roazon x Poncheau) x (Bizel x Poncheau)/	2,00

* skala: 0-5

0-2 = R, MR

0 = nema infekcije

3-5 = MS, S, VS (AS) 5 = preko 75% napadnutih klasova

S. Tomasović et al.: Važnost oplemenjivanja ozime pšenice na otpornost na fuzarijsku palež klasa (*Fusarium graminearum* Schw. i *Fusarium moniliforme* var. subglutinans) Sjemenarstvo 10(93)1-2, str. 3-24

Tablica 4: Križanja u 1984. godini izvora otpornosti pšenice prema *Fusarium Graminearum* Schw. na bazi 6 odabranih jednostrukih i dvostrukih križanaca F₋₁ i F₋₁ X F₋₁ generacije iz 1983. godine u odnosu na njihove roditelje i standarde (Zagreb - Botinec)

Red. broj	Kombinacija križanja	Generacija	Intenzitet napada (0-5) *
1.	/(Bzl x Pnc) x (TrpxEcr)/-83 x /(RznxBzl)x(BzlxPnc)/-83	F ₂ - 1984	1,00
2.	/(BzlxPnc)x(TrpxEcr)?-83 x /(RznxPnc)x(BzlxPnc)/-83	"	2,00
3.	/(BzlxPnc)x(TrpxEcr)/-83 x /(M-808xPnc)/-83	"	0,00
4.	/(BzlxPnc)x(TrpxEcr)/-83 x /(BzlxM-808)/-83	"	1,00
5.	/(BzlxPnc)x(TrpxEcr)/-83 x /(BlcxPnc)/-83	"	2,00
6.	/(RznxBzl)x(BzlxPnc)/-83 x /(RznxPnc)/-83	F ₂ -1984	1,00
7.	/(RznxBzl)x(BzlxPnc)/-83x/(M-808xPnc)/-83	"	1,00
8.	/(RznxBzl)x(BzlxPnc)/-83 x /(BzlxM-808)/-83	"	1,00
9.	/(RznxBzl)x(BzlxPnc)/-83 x /(BlcxPnc)/-83	"	1,00
10.	/(RznxPnc)x(BzlxPnc)/-83 x /(M-808xPnc)/-83	F ₂ -1984	2,00
11.	/(RznxPnc)x(BzlxPnc)/-83 x /(BzlxM-808)/-83	"	2,50
12.	/(RznxPnc)x(BzlxPnc)/-83 x /(Blc-Pnc)/-83	"	2,50
13.	/(M-808xPnc)/-83 x /(BzlxM-808)/-83	F ₂ -1984	0,00-TR**
14.	/(M-808xPnc)/-83 x /(Blc-Pnc)/-83	"	1,00
15.	/(BzlxM-808)/-83 x /(BlcxPnc)/-83	F ₂ -1984	2,00
1.	Toropi (Trp)		2,85
2.	Roazon (Rzn)		3,99
3.	Encruzi lhada (Ecr)		0,57
4.	Bizel (Bzl)		1,17
5.	Mironovskaya 808 (M-808)		1,45
6.	Balaya-cerkov (Blc)		2,70
7.	Poncheau (Pnc)		1,26
1.	Super zlatna		4,00
2.	Sana		3,00

* skala : 0-5

** TR = tragovi napada

0-2 = R, MR

0 = nema infekcije

3-5 = MS, S, VS (AS)

5 = preko 75% napadnutih klasova

Deset odabranih kombinacija križanja je testirano u 1988. i 1989. godini (testiranje je nastavljeno i u daljnjim godinama - linije F₆ generacije, na dalje) u rasadniku *Fusarium*-a (umjetna infekcija). Dobivene linije predstavljaju nove izvore otpornosti, na kojima je izvršena eliminacija svih negativnih faktora. Tih 10 odabranih kombinacija križanja (linije) su testirane na otpornost prema *Fusarium graminearum* Schw. u uvjetima umjetne i prirodne infekcije u stanju djelomične fiksacije gena (F₄ generacija). Testirane linije čine značajan doprinos u oplemenjivanju pšenice na fuzarijsku palež klasa.

S. Tomasović et al.: Važnost oplemenjivanja ozime pšenice na otpornost na fuzarijsku palež klasa (*Fusarium graminearum* Schw. i *Fusarium moniliforme* var. subglutinans) Sjemenarstvo 10(93)1-2, str. 3-24

Tablica 5: Novi izvori otpornosti (oplemenjeni novi domaći izvori) pšenice prema *Fusarium Graminearum* Schw. testirani u uvjetima umjetne infekcije od 1987-1989. godine u odnosu na njihove početne izvore i standarde

Red. broj.	Kombinacije križanja 1 godine	Generacija 1989. godine	Prosječni intenzitet napada (1987-1989 godine (0-5)*
1.	$((BzlxPnc) \times (TrpxEcr)) / -F-284 \times ((RznxBzl) \times (BzlxPnc)) / -F-284 = F-1-85 \times ((BzlxPnc) \times (TrpxEcr)) / -F-2-84 \times ((RznxPnc) \times (BzlxPnc)) / -F-2-84 = F-1-85$	F ₄	1,00
2.	$((BzlxPnc) \times (TrpxEcr)) / -F-2-84 \times ((RznxBzl) \times (BzlxPnc)) / -F-2-84 = F-1-85 \times ((RznxBzl) \times (BzlxPnc)) / -F-2-84 \times ((BzlxM-808) / -F-2-84 = F-1-85$	F ₄	1,00
3.	$((BzlxPnc) \times (TrpxEcr)) / -F-2-84 \times ((RznxBzl) \times (BzlxPnc)) / -F-2-84 = F-1-85 \times ((M-808 \times Pnc) \times (BzlxM-808)) / -F-2-84 = F-1-85$	F ₄	1,00
4.	$((BzlxPnc) \times (TrpxEcr)) / -F-2-84 \times ((M-808 \times Pnc)) / -F-2-84 = F-1-85 \times ((RznxPnc) \times (BzlxPnc)) / -F-2-84 \times ((M-808 \times Pnc)) / -F-2-84 = F-1-85$	F ₄	2,00
5.	$((BzlxPnc) \times (TrpxEcr)) / -F-2-84 \times ((M-808 \times Pnc)) / -F-2-84 = F-1-85 \times ((RznxPnc) \times (BzlxPnc)) / -F-2-84 \times ((BlcxPnc)) / -F-2-84 = F-1-85$	F ₄	1,00
6.	$((BzlxPnc) \times (TrpxEcr)) / -F-2-84 \times ((BzlxM-808)) / -F-2-84 = F-1-85 \times ((RznxBzl) \times (BzlxPnc)) / -F-2-84 \times ((BzlxM-808)) / -F-2-84 = F-1-85$	F ₄	1,00
7.	$((RznxBzl) \times (BzlxPnc)) / -F-284 \times ((M-808 \times Pnc)) / -F-2-84 = F-1-85 \times ((RznxPnc) \times (BzlxPnc)) / -F-2-84 \times ((BlcxPnc)) / -F-2-84 = F-2-84 = F-1-85$	F ₄	1,00
8.	$((RznxBzl) \times (BzlxPnc)) / -F-2-84 \times ((BzlxM-808)) / -F-2-84 = F-1-85 \times ((RznxPnc) \times (BzlxPnc)) / -F-2-84 \times ((BlcxPnc)) / -F-2-84 = F-1-85$	F ₄	2,00
9.	$((RznxPnc) \times (BzlxPnc)) / -F-2-84 \times ((BzlxM-808)) / -F-2-84 = F-1-85 \times ((M-808 \times Pnc)) / -F-2-84 \times ((BzlxM-808)) / -F-2-84 = F-1-85$	F ₄	0,00
10.	$((M-808 \times Pnc)) / -F-2-84 \times ((BzlxM-808)) / -F-2-84 = F-1-85 \times ((BzlxM-808)) / -F-2-84 \times ((BlcxPnc)) / -F-2-84 = F-1-85$	F ₄	2,00
1.	Tropi (Ttp)		2,85
2.	Roazon (Rzn)		3,99
3.	Encruzi lhada (Ecr)		0,57
4.	Bizel (Bzl)		1,17
4.	Mironovskaya 808 (M-808)		1,45
6.	Balaya-cerkov (Blc)		2,70
7.	Poncheau (Pnc)		1,26
1.	Super zlatna		4,00
2.	Sana		3,00

* skala : 0-5

0-2 = R, MR

3-5 = MS, S, VS (AS)

0 = nema infekcije

5 = preko 75% napadnutih klasova

Radi proširenja izvorne populacije kumuliranjem što više gena otpornosti na fusarioze klasa u 1986. godini je obavljeno dodatno križanje novih izvora otpornosti iz 1985. godine (od prethodno stvorenih 105 F1 križanaca) (tablica 6). U 1987. godini uzgojena je F₁ generacija u uvjetima prirodne infekcije, koja je u 1988. godini testirana u umjetnoj infekciji (F₂ generacija).

Tablica 6: Novi izvori otpornosti (novi oplemenjeni domaći izvori) pšenice prema *Fusarium Graminearum* Schw. testirani u uvjetima umjetne infekcije od 1988-1989. godine u odnosu na njihove početne izvore i standard raširene u proizvodnji (Zagreb-Botinec)

Red. br.	Kombinacija križanja	Generacija 1989. g.	Prosječni intenzitet napada (1988-1989) (0-5)*
1.	$/(BzlxPnc) \times (TrpxEcr) \times (M-808xPnc) \times (RznxBzl) \times (BzlxPnc) \times (RznxPnc) \times (BzlxPnc) \times (TrpxEcr) \times (BzlxM-808) - 86 = F-1$	F ₃	2,0
2.	$/(RznxPnc) \times (BzlxPnc) \times (BzlxM-808) \times /(M-808xPnc) \times (Blc - Pnc) - 86 = F-1 \times (RznxPnc) / - 86 = F-1$	F ₃	1,5-2,0
3.	$/(RznxPnc) \times (BzlxPnc) \times (BzlxM-808) \times (RznxPnc) \times (TrpxEcr) / - 86 = F-1 \times (RznxPnc) \times (BzlxPnc) \times (RznxPnc) \times (TrpxEcr) - 86 = F-1$	F ₃	1,0
4.	$/(BzlxPnc) \times (TrpxEcr) \times (BzlxM-808) \times (RznxPnc) / - 86 = F-1 \times (RznxPnc) \times (BzlxPnc) / - 86 = F-1$	F ₃	1,0-1,5
1.	Tropi (Trp)		2,85
2.	Roazon (Rzn)		3,99
3.	Encruzilhada (Ecr)		0,57
4.	Bizel (Bzl)		1,17
5.	Mironovskaya-808 (m-808)		1,45
6.	Balaya-cerkov (Blc)		1,26
7.	Poncheau (Pnc)		1,26
1.	Super zlatna		4,0-4,5
2.	Sana		3,0

* skala (0-5)

0 - 2 = R, MR

0 = nema infekcije

3 - 5 MSm S, VS(AS)

5 = preko 75% napadnutih klasova

Nakon testiranja u 1989. godini zadržane su samo 4 najotpornije kombinacije križanja. Izdvojene su poboljšane populacije F₃ generacije, koje predstavljaju nove domaće oplemenjene izvore otpornosti i u kojima je izvršeno testiranje u stanju djelomične fiksacije gena (F₃-1989).

Nakon provedenih testiranja u uvjetima umjetne infekcije (pokus 1 i pokus 2) u 1983. godini osim 6 prethodno izabranih jednostrukih i dvostrukih kombinacija križanja F₁ i F₁ x F₁ generacije, dodatno je odabrano još 8 otpornih kombinacija križanja (4 kombinacije - jednostruki križanci i 4 kombinacije - dvostruki križanci) (tablica 7). Na ovim kombinacijama nisu izvršena daljnja križanja. Uz otpornost prema *Fusarium graminearum* Schw. na osnovu opažanja i vizualne selekcije ove

kombinacije križanja imale su dobra gospodarska svojstva (čvrsta stabljika, niži habitus rasta, dobro fertilni klasovi i slično). Odabrane kombinacije križanja u 1984. godini su bile testirane u rasadniku *Fusarium*-a (umjetna infekcija) u F₂ generaciji. Posebno su se pratile u odnosu na druge genotipove i standarde. Testiranje se nastavilo od 1985-1989. godine, kao i kasnije tako da smo u 1989. godini dobili linije F₇ generacije. Od 1988. godine linije su testirane u stanju potpune fiksacije gena (F₅ - F₇ generacije). Nivo otpornosti je praćen na osnovu intenziteta napada *Fusarium graminearum* Schw. u usporedbi s početnim izvorima (roditeljima) i standardima (Super Zlatna i Sana). Dobivene su linije s poboljšanom otpornošću na fuzarioze klasa u odnosu na početne izvore, kao i na standarde reširene u proizvodnji. Linije testirane u F₇ generaciji (1989. godine) u stanju potpune fiksacije gena, predstavljaju vrlo značajne nove izvore otpornosti, koji se mnogo koriste u programu oplemenjivanja ozime pšenice Instituta za oplemenjivanje i proizvodnju bilja u Zagrebu.

Tablica 7: Novi izvori otpornosti (oplemenjeni novi domaći izvori) pšenice prema *Fusarium Graminearum* Schw. testirani u uvjetima umjetne infekcije od 1984. -1989. godine u odnosu na njihove izvore i standarde

Red. broj.	Kombinacija križanja	Generacija 1989. g.	Prosječni intenzitet napada (1984-1989) (0-0)*
1.	/(RoazonxBizel) x (BizelxPoncheau)/-83/-F-2-84	F ₇	2,00
2.	/(RozaonxPoncheau) x (Toropi x encruzilhada)/-83/-F-2-84	F ₇	1,00
3.	/(RoazonxPoncheau) x (BizelxPoncheau)/-83/-F-2-84	F ₇	2,00
4.	/(BizelxPoncheau) x (ToropixEncruzilhada)/-83/-F-2-84	F ₇	2,00
5.	/(RoazonxPoncheau)/-83/-F-2-84	F ₇	2,00
6.	/(BizelxMironovskaya 808)/-83(-F-2-84	F ₇	1,00
7.	/(BizelxPoncheau)/-83/-F-2-84	F ₇	1,00
8.	/(Mironovskaya808xPoncheau)/-83/-F-2-84	F ₇	2,00
1.	Toropi (Trp)		2,85
2.	Roazon (Rzn)		3,99
3.	Encruzilhada (Ecr)		0,57
4.	Bizel (Bzl)		1,17
5.	Mironovskaya-808 (m-808)		1,45
6.	Balaya-cerkov (Blc)		2,70
7.	Poncheau (Pnc)		1,26
1.	Super zlatna		4,00
2.	Sana		3,00

* skala : 0-5

0 - = R, MR

3 - 5 = MS, S, VS (AS)

0 = nema infekcije

5 = preko 75% napadnutih klasova

GOSPODARSKA SVOJSTVA ODABRANIH LINIJA PŠENICE S
POBOLJŠANOM OTPORNOŠĆU NA FUZARIJSKU PALEŽ KLASA
(*Fusarium graminearum* Schw.)

U početnim ispitivanjima otpornost pšenice na fuzarioze klasa (*Fusarium graminearum* Schw.), iako su se genotipovi karakterizirali vrlo niskom razinom otpornosti, ipak je uočeno različito reagiranje pojedinih linija (sorti) u u intenzitetu zaraze. Isto tako u početnim ispitivanjima nije se mogla izvršiti potpuna diferencijacija materijala (otporni i osjetljivi genotipovi), jer nije bila usavršena metodika umjetne infekcije, kojom bi se to moglo činiti. Međutim, kasnije kada se program oplemenjivanja križanja izvora otpornosti od 1981. godine na dalje, izvršena je potpuna diferencijacija genotipova odnosno izdvojene su najotpornije biljke, tzv. odabrane biljke (OB) iz odabranih kombinacije križanja. Izabrane su najotpornije biljke na *Fusarium graminearum* dobrog busanja, dobro fertilni klasovi - najveći broj zrna po klasu (biljci) i naravno biljke najvećeg uroda zrna (tablica 8).

U toku selekcije izdvojene su linije, koje su najprije ispitane u preliminarnim (1986-1987), te kasnije u komparativnim sortnim mikropokusima (1988-1989). Dobivene linije čine izvori otpornosti križani međusobno, te domaće (ZG-linije) dobrih gospodarskih svojstava prilagođene intenzivnim uvjetima proizvodnje križane s izvorima otpornosti. U pokusima linije su pokazale znatno poboljšanje na otpornost prema navedenom patogenu u odnosu na početne izvore (Toropi, Belaya-cerkov, te posebno Roazon), te standarde u pokusima (Super Zlatna i Sana) (tablica 9). Kasnije linije su ispitane u komparativnim sortnim mikropokusima na otpornost prema *Fusarium graminearum* Schw. u uvjetima umjetne i prirodne infekcije (tablica 10). U pokusima je načinjena procjena uroda zrna i njegovih najvažnijih komponenti, te vrijednih gospodarskih svojstava. Uočava se, da je kod ispitivanih linija pšenice razina otpornosti *Fusarium graminearum* Schw. poboljšana u odnosu na početne izvore otpornosti. To se prije svega odnosi na izvore otpornosti Roazon, Toropi i Belaya-cerkov, koji su u početnim ispitivanjima između 7 odabranih izvora otpornosti imali najnižu razinu otpornosti. Unatoč tome, u pokusima u 1983. godini spomenuti izvori su dali najveći urod zrna po biljci, kao i komponente uroda (masa 1000 zrna, masa zrna po klasu, broj zrna po klasu).

Dolazi se do znanja, da su linije pšenice, koje u svom pedigree-u sadrže Roazon, Toropi i Belaya-cerkov uglavnom ostvarile i najveći urod zrna po ha, neke komponente uroda i neka vrijedna gospodarska svojstva. Za razliku od pokusa iz 1983. godine u kojem nije bilo povezanosti uroda i komponenti uroda i otpornosti ispitivanih križanaca F_1 i $F_1 \times F_1$ generacije u usporedbi s početnim izvorima otpornosti na fuzarioze klasa (*Fusarium graminearum* Schw.), u ovom slučaju, može se reći da je izražena povezanost uroda i komponenti uroda zrna pšenice s poboljšanom razinom otpornosti na fuzarioze klasa. U toku selekcijskog procesa, nakon testiranja u uvjetima umjetne infekcije od 1983. godine na dalje, izdvojene su i najotpornije biljke, a koje su u svom pedigree-u sadržale Roazon, Toropi i Belaya-cerkov. U tijeku kontinuiranog procesa oplemenjivanja i u uvjetima umjetne infekcije izdvajanja otpornih biljki odnosno klasova, uspjelo se dobiti poboljšanje razine otpornosti u usporedbi s početnim izvorima, te u odnosu na standarde raširene u proizvodnji. Kod dobivenih ZG-linija pšenice Instituta za oplemenjivanje i proizvodnju bilja u Zagrebu razina otpornosti na fuzarijsku palež klasa (*Fusarium graminearum* Schw.)

Tablica 8: Odabrane biljke (ob) nekih jednostrukih i dvostrukih križanaca F-1 i F-1 x F-1 generacije izvora otpornosti pšenice prema *Fusarium Graminearum* Schw. nakon testiranja u uvjetima umjetne infekcije u 1983. godini (pokusi I, II)

Red. broj	Kombinacija križanja	Index biljke	Urod zrna po biljci (g)	Broj zrna po biljci	Visina biljke (cm)	Intenzitet napada (0-5)*
1.	(Roazon x Bizel)	1	35	520	80	2,50
		2	30	395	80	2,50
2.	(Roazon x Bizel)	1	20	335	81	1,50
		2	10	94	67	1,50
3.	(Roazon x Bizel)	1	50	911	78	3,00
4.	(Roazon x Bizel)	1	30	527	80	2,00
5.	(Roazon x Balaya-cerkov)	1	20	278	79	2,10
		1	40	776	88	1,70
		2	30	549	85	1,70
6.	(Roazon x Balaya-cerkov)	3	20	249	75	1,35
7.	(Bizel x Mironovskaya 808)	1	15	80	85	1,50
8.	(Bizel x Balaya-cerkov)	1	15	106	75	2,00
9.	(Toropi x Bizel) x (Mironovskaya 808 x Poncheau)	1	25	555	80	1,88
10.	(Toropi x Bizel) x (Ballaya-cerkov x Poncheau)	1	20	304	82	1,50
		1	20	263	83	1,50
11.	(Roazon x Encruzilhada) x (Bizel x Poncheau)	2	20	260	87	1,50
12.	(Roazon x Encruzilhada) x (Bizel x Poncheau)	1	30	507	90	1,50
13.	(Roazon x Bizel) x (Mironovskaya 808 x Balaya-cerkov)	1	20	253	85	2,00
		1	25	337	86	2,35
14.	(Roazon x Bizel) x (Mironovskaya 808 x Balaya-cerkov)	2	30	589	86	1,28

S. Tomasović et al.: Važnost oplemenjivanja ozime pšenice na otpornost na fuzarijsku palež klasa (*Fusarium graminearum* Schw. i *Fusarium moniliforme* var. subglutinans) Sjemenarstvo 10(93)1-2, str. 3-24

Red. broj	Kombinacija križanja	Index biljke	Urod zrna po biljci (g)	Broj zrna po biljci	Visina biljke (cm)	Intenzitet napada (0-5)*
		1	20	262	85	2,00
		2	25	351	83	2,00
		3	15	157	88	2,00
		4	20	284	92	2,00
		5	20	162	85	1,30
		1	20	290	85	1,00
15.	/(Roazon x Bize) x (Mironovskaya 808 x Poncheau)/	1	25	310	73	1,75
16.	/(Roazon x Bize) x (Mironovskaya 808 x Poncheau)	1	40	775	85	1,55
17.	/(Roazon x Balaya-cerkov) x (Mironovskaya 808 x Poncheau)	1	25	211	85	1,22
18.	/(Roazon x Balaya-cerkov) x (Bize) x Mironovskaya 808)/	1	15	268	80	0,50
19.	/(Roazon x Balaya-cerkov) x (Bize) x Mironovskaya 808)/	2	35	700	90	0,50
20.	/(Bize) x Mironovskaya 808) x (Roazon x Poncheau)/	1	30	436	85	2,00
		1	30	410	78	1,50
		2	20	300	83	1,33
21.	/(Bize) x Mironovskaya 808) x (Roazon x Poncheau)/	3	15	150	83	1,43
		4	30	398	85	1,55

* skala : 0-5

0 - R, M/R

0 = nema infekcije

3 - 5 = MS, S, VS (AS) 5 = preko 75% napadnutih klasova

Tablica 9: Neka gospodarska svojstva ZG-linija ozime pšenice u odnosu na otpornost prema *Fusarium Graminearum* Schw. u komparaciji sa standardima u preliminarnim ispitivanjima (Zagreb - Botinec, 1986-1987)

Red. broj	Oznaka linije	Kombinacija križanja	Urod zrna (kg/ha)	Visina biljke (cm)	Poljeganje (%)	Dužina vegetacije = - S. Zlatna	Intenzitet napada (0-5)*	
							Fusarium graminearum Schw. umjetna infekcija	Fusarium graminearum Schw. umjetna infekcija
1.	Zg L-1	/(Roazon x Balaya-cerkov)/	7560	87,0	0	=5	1	1
2.	Zg L-2	/(Roazon x Poncheau) x (Toropi x Encruzilhada)/	9620	87,5	0	=5	0-TR**	0-TR**
3.	Zg L-3	/(Roazon x Poncheau) x (Toropi x Encruzilhada)/	8600	96,0	0	+1	1,5	1,5
4.	Zg L-4	/(Roazon x Poncheau) x (Toropi x Encruzilhada)/	8820	83,5	0	+5	0-TR	0-TR
5.	Zg L-5	/(Zg1775 x Roazon)/	10000	98,0	0	+6	2	2
6.		Super zlatna	7400	80,0	0	0	3,5	3,5
7.		Sana	8400	84,0	0	+2	2,5	2,5

* skala : 0-5

0-2 = R, MR 0 = nema infekcije

3-5 = MS, S, VS (AS) S = preko 75% napadnutih klasova

** TR = tragovi napada

S. Tomasović et al.: Važnost oplemenjivanja ozime pšenice na otpornost na fuzarijsku palež klasa (*Fusarium graminearum* Schw. i *Fusarium moniliforme* var. subglutinans) Sjeminarstvo 10(93)1-2, str. 3-24

Tablica 10: Prikaz gospodarskih svojstava nekih ZG-linija ozime pšenice u odnosu na otpornost prema *Fusarium graminearum* Schw. i ostale važne bolesti pšenice u komparaciji sa standardima raširenim u proizvodnji u komparativnim sortnim mikropokusima (Zagreb - Botinec, 1988-1989.)

Red. broj	Oznak a linije	Kombinacija križanja	Urod zrna (kg/ha)	Urod prema		Masa 1000 zrna (g)	HI masa (kg)	Visina biljke (cm)	Dužina vege-tacije +S. Zl.	Polijeganje (%)	Fusarium spp. pr. inf. (0-5)	Fusarium graminearum inf. (0-5)	Septoria spp. pr. inf.		Septoria nodorum umjet. inf.		Erysiphe graminis pr. in. (0-9)		Puccinia graminis		Puccinia recondita pr. inf.				
				S. Zl. (%)	Sana (%)								list (0-9)	klas (%)	list (0-9)	klas (%)	list (0-9)	klas (%)	pr. in. %	tip	um. in. %	tip	%	tip	
1.	Zgl-1	(Roazon x Balaxa-cerkov)	9348	128,19	114,73	45,50	75,32	95	+4	15	1	2	2	2	0	7	2	6	8	00	R	65	VS	00	R
2.	Zgl-2	(Roazon x Poncheau) x	9128	125,18	112,03	50,00	71,32	93	+3	2	0	2	2	0	5	3	7	8	00	R	25	S	TR	R	
3.	Agl-3	x (Toropi x Eneruzilhada)/	8804	120,73	108,05	48,50	71,56	92	+3	2	1	2	2	0	5	3	4	8	00	R	65	VS	00	R	
4.	Agl-4	x (Toropi x Eneruzilhada)/	8412	115,36	103,24	46,00	77,36	89	+3	10	0	3	2	0	5	3	6	6	00	R	40	S	00	R	
5.	Zgl-5	(Zg 1775 x Roazon)	8364	113,33	101,42	49,00	80,10	94	+7	2	1	1	1	0	5	2	5	4	00	R	25	S	00	R	
6.		Super zlatna	7292	100,00	89,49	30,00	73,32	75	0	5	2	4	7	0	8	8	4	6	00	R	99	VS	00	R	
7.		Sana	8148	111,74	100,00	37,50	78,84	80	0	0	2	3	5	0	5	3	2	3	00	R	00	R	00	R	

CD P = 5% = 1001,88 kg

CD P = 1% = 1330,78 kg

* TR = trapavi napada

je, dakle poboljšana. Isto tako dobivene linije karakterizira zadovoljavajuća otpornost i na ostale važne bolesti pšenice.

Unatoč nižoj otpornosti od sedam odabranih izvora otpornosti *Fusarium graminearum* Schw., Roazon je dao najveći urod zrna po biljci, kao i komponente uroda. Ovo se može povećati i time da je sorta Roazon polupatuljastog habitusa rasta i visokog genetskog potencijala rodnosti, dobrog busanja i kod koje je fertilitet klasa jako izražena. Iz ovih razloga, Roazon je bio uključen uglavnom u sve kombinacije križanja zbog vrijednih gospodarskih osobina (tablica 2).

Tako već nakon testiranja u uvjetima umjetne infekcije u 1983. godini, izdvojene su najotpornije biljke, koje su u svom pedigree-u sadržavale Roazon (tablica 8). Iz tih kombinacija križanja (odabranih biljaka) u toku selekcijskog procesa kroz preliminarnu i komparativnu sortnu mikropokuse, odabrane su gospodarski vrijedne linije pšenice, kod kojih je uz visoki urod zrna poboljšan nivo otpornosti u odnosu na početne izvore otpornosti (roditelje). Dobivene su linije pšenice kod kojih je uz visoku rodnost poboljšan nivo otpornosti pšenice na fuzarioze klasa (tablica 9 i 10).

Kod dobivenih linija u njihovom pedigree-u se nalazi i Toropi, koji uz Roazon i Belaya-cerkov pokazuje manju otpornost (osobito u poljskim uvjetima) u odnosu na Encruzilhadu, Bizele, Poncheau, te Mironovskaya 808. Međutim, Toropi je vrlo dobar kombinator u križanjima, ima uže listove i erectum je tipa, te ima čvrstu stabljiku. Prema tome, iako su u križancima sadržani osjetljiviji genotipovi prema *Fusarium graminearum* Schw., rekombinacijom gena i kroz proces selekcije i testiranja (umjetna i prirodna infekcija), dobivene su linije pšenice sa poboljšanom otpornošću uz visoku rodnost. Ovo se može povezati sa sortom Sumai-3, najboljim raspoloživim kineskim izvorom otpornosti na fuzarijsku palež klasa u svijetu, za koju se smatra da je nastala kao rezultat transgresivnog cijepanja u križanju između dvije osjetljive sorte - Funo i Taiwan-xio-mai (Liu, 1984; Chaofei i dr., 1986; Wu, 1986).

Isto tako neobično je značajno kada početi s izborom linija. Naime, često se postavlja pitanje, kada početi selekciju u oplemenjivanju pšenice na otpornost prema fuzariozama klasa (*Fusarium graminearum* Schw.). Selekciju na fuzarioze klasa kod izbora linija treba početi preliminarno selekcijom F2-biljki.

Ako su linije testirane pod visokim iznosom inoculuma na polju ili u stakleniku, izbor treba početi u F3 ili F4 generaciji. Selekcija u F4 ili F5 generaciji je efikasna (Nakagawa, 1960; Spanakakis i Mielke, 1986). Prema Chaofei i dr. (1986) potrebno je da se primijeni kontinuirana selekcija jedne biljke počev od F2 na dalje, pod umjetnom infekcijom i gdje su primijenjena složena križanja. U našem programu selekcije, izbor linija se obično čini u F4 ili F5 generaciji, uz pogodna gospodarska svojstva.

ZAKLJUČCI

Istraživanja izvora otpornosti započeti još 1976. godine, novooplemenjenih ZG-izvora otpornosti, te novostvorenih ZG-linija ozime pšenice, obzirom na značaj oplemenjivanja na otpornost na fuzarijsku palež klasa (*Fusarium graminearum* Schw.), iznose se sljedeći zaključci:

U razdoblju od 1976-1980. godine ispitano je oko 870 domaćih i stranih genotipova, kod čega su kroz ispitivanja 25 izvora pokazali veću razinu otpornosti, od kojih je u 1980. godini na osnovu razine otpornosti i važnih gospodarskih svojstava

za daljnji rad odabrano 7 izvora otpornosti.

Procjena otpornosti pšenice putem intenziteta napada (razina otpornosti) se pokazala mjerodavnijom u odnosu na procjenu putem utjecaja patogena na urod i komponente uroda zrna.

Rezultati istraživanja pokazali su, da se pogodnim metodama križanja (polovični dialel) mogu akumulirati geni otpornosti na fuzarijsku palež klasa, koje se uspješno koriste u programu oplemenjivanja ozime pšenice u Institutu za oplemenjeni ZG-izvori otpornosti. Križanci su testirani u F₂ i u daljnjim generacijama, tako da su od 1984. do 1989. godine izdvojene 22 kombinacije križanja (F₃ - F₇ generacije) testirane u stanju djelomične i potpune homocigotnosti.

Na osnovu razina otpornosti roditelja (početnih izvora otpornosti) u usporedbi s njihovim križancima F₁ i F₁ x F₁ generacije, uočava se da se kod poboljšanih kombinacija križanja kako jednostrukih tako i dvostrukih radi o kombinaciji gena otpornosti, koji ukazuju na aktivni efekat gena (učinci minor gena).

Kod drugih kombinacija križanja razina otpornosti je na razini početnih izvora, ili s nižom razinom otpornosti, u kom slučaju se radi o parcijalnoj dominaciji, odnosno dominaciji.

U dobivenim rezultatima istraživanja, zapaža se, da najotporniji izvori nisu ostvarili i najveći urod, kao i komponente uroda. Naprotiv, lošiji izvori po otpornosti, a posebno Roazon uglavnom su imali i najveći urod, kao i komponente uroda zrna.

U uvjetima umjetne infekcije izdvojene su najotpornije kombinacije križanja unutar kojih su izabrane najotpornije biljke vrijednih gospodarskih svojstava (niži habitus rasta, biljke dobrog busanja, dobro fertilni klasovi - veliki broj zrna po biljci i biljke najvećeg uroda zrna), iz kojih su kroz preliminarne i komparativne sorte mikropokuse izdvojene linije, koje predstavljaju poboljšanje razine otpornosti u odnosu na početne izvore i standarde sorte raširene u proizvodnji. Dobivene ZG-linije obilježava i zadovoljavajuća otpornost na ostale važne bolesti pšenice.

Iz programa oplemenjivanja pšenice na otpornost prema fuzariozama klasa superiornim linijama vrijednih gospodarskih svojstava s poboljšanom razinom otpornosti na fuzarijsku palež klasa u odnosu na početne izvore, pokazale su se linije s oznakama: ZG L-1, ZG L-2, ZG - L-3, ZG L-4 i ZG L-5, koje imaju slijedeće pedigree:

ZG L-1 - (Roazon x Belaya - cerkov)

ZG L-2, ZG L-3, ZG L-4 - / (Roazon x Poncheau) x (Toropi x Encruzilhada)/

ZG L-5 - (ZG 17/75 x Roazon).

Oplemenjivanje pšenice na otpornost na fuzarioze klasa je vrlo složeno, jer se radi o fakultativnom parazitu, koji u uvjetima povoljnim za rast i razvoj može učiniti velike štete. Stoga, u svrhu daljnjih istraživanja i radi daljeg poboljšanja razine otpornosti treba osigurati uvođenje novih tehnika i novih metoda, osobito efikasnih metoda selekcije pšenice. Jer, poboljšanjem, putem novih tehnika i novih metoda povećala bi se sigurnost i efikasnost oplemenjivanja na otpornost na fuzarijsku palež klasa, koja postaje ekonomski sve važnije oboljenje u određenim područjima proizvodnje pšenice.

S. Tomasović et al.: Važnost oplemenjivanja ozime pšenice na otpornost na fuzarijsku palež klasa (*Fusarium graminearum* Schw. i *Fusarium moniliforme* var. subglutinans) Sjemenarstvo 10(93)1-2, str. 3-24

LITERATURA - REFERENCES

1. Bekele, G. T. (1984): Head scab screening methods used at CIMMYT. Wheat for more tropical environments. A Proceedings of the International Symposium. September 24-28, Mexico, D. F. The United Nations Development Programme and CIMMYT, 169-173.
2. Borojević, S., Potočanac, J. i Teofilović, Ž. (1960): Stvaranje novih visokoprinosa sorti pšenice. Izvještaj o radu do 1960. godine, Beograd, 1-65.
3. Chaofei, Z., Suisheng, X., Cuning, Q. and Guihua, B. (1986): Contribution to breeding wheat for scab resistance in China. 4 th International Wheat Conference, 2-5 May, Rabat, Morocco.
4. Kišpatić, J. (1980): Bolesti biljaka "visokog standarda". Bilten "Poljodobra", Br. 1, 21-27, Zagreb.
5. Liu, Z. Z. (1984): Recent advances in Research on Wheat Scab in China. Wheats for more tropical environments. A Proceedings of the International Symposium, September 24-28, Mexico, D. F. The United Nations Development Programme and CIMMYT, 174-181.
6. Luzzardi, G. C., Pierobom, C. R., Osorio, E. A., Moreira, J. C. S., Wetzel, e M. M. V. S., Dias, e J. C. D. (1974): Melhoramento de trigo para Resistencia a Gibberella. Anais de I. Reuniao Latinoamericana de trigo. Porto Alegre, R. S. 117, 121.
7. Milatović, I., Vlahović, V., Tomasović, S. (1982): Otpornost klasova pšenice prema *Fusarium graminearum* Schw. Zaštita bilja, Vol. 33(4), br. 162, 389-396, Beograd.
8. Nakagawa, M. (1960): Studies on the Resistance of wheat varieties to *Gibberella saubinetii* regarding their genetical characters and environmental factors. Bull. First Agron. Div. Tokai-kinki Nat. Agric. Exp. Sta. 7: 1-31.
9. Spanakakis, A. and Mielke, H. (1986): Breeding Wheat for Resistance against *Fusarium culmorum*. 4 th International Wheat Conference, 3-5 May, Rabat, Morocco.
10. Tomasović, S. (1981): Breeding of Wheat fore Resistance to *Fusarium* diseases, especially to *Fusarium graminearum* and creating a model for inheritance of Resistance in new wheat cultivars. Genetika, Vol. 13, No. 2:177-187, Beograd.
11. Tomasović, S., Vlahović, V., Milatović, I. (1983): Breeding and studying wheat for resistance to *Fusarium* spp., especially to *Fusarium graminearum* Schw. Annu. Wheat Newsletter, Vol. 29, 162- 164, Colorado State University, Fort Collins, CO, SAD and Canada Department of Agriculture.
12. Tomasović, S., and Vlahović, V. (1986): *Fusarium* head blight (*Fusarium graminearum* Schw.) in wheat. Annu. Wheat Newsletter, Vol. 32, Colorado State University, Fort Collins, CO, USA, and Canada Department of Agriculture.
13. Tomasović, S. (1987): Investigation of the Sources of Resistance in Wheat to *Fusarium graminearum* Schw. Annu. Wheat Newsletter, Vol. 33, 180-183, Colorado State Univerity, Fort Collins, CO, USA, and Canada Department of Agriculture.
14. Wu, Zhaosu C. S. (1986): Development of a Gene Pool with improved Resistance to scab in wheat by using the dominant Male- Sterile Gene Ta 1. 4 th International Wheat Conference, 2-5 May, Rabat, Morocco.

DJELOTVORNOST FUNGICIDA U ZAŠTITI USJEVA PŠENICE NAPADNUTE SMEĐOM PJEGAVOSTI PLJEVICA (*Septoria nodorum*)

Bogdan KORIĆ¹⁾

Izvorni znanstveni rad
Primljeno 20. 01. 1993.

SAŽETAK

Septoria nodorum je bolest svih nadzemnih organa pšenice, a posebno je dobila na značenju nakon uvođenja u proizvodnju poluniskih i niskih sorata pšenice velikog potencijala rodnosti. Uz stvaranje otpornih sorata, jedna od metoda borbe protiv te bolesti je i kemijsko suzbijanje.

Na problemu kemijskog suzbijanja *Septoria nodorum* na listu i klasu svijetu se dosta radi što pokazuju brojni objavljeni znanstveni i stručni radovi.

Trogorodišnji pokusi (1989-1991.) su provedeni u poljskim uvjetima. Sve je podvrgnuto umjetnoj infekciji populacijom izolata gljive *Leptosphaeria nodorum*.

1. Kontrola - parcele u prirodnim uvjetima rasta i razvoja
2. Infekcija gljivom *Leptosphaeria nodorum* - parcele na kojima je izvršena umjetna zaraza s odabranim izolatom gljive
3. Fungicid - parcele na kojima je uz umjetnu zarazu obavljeno i jedno tretiranje fungicidom prije klasanja

Baza za obračun bio je urod po parceli kao najpogodniji pokazatelj efikasnosti zaštite ispitivanih fungicida. Umjetna infekcija sa suspenzijom spora odabranih izolata gljive *Leptosphaeria nodorum* obavljena je u dva navrata i to u stadiju punog razvoja vršnog lista (zastavice) i u stadiju klasanja.

Rezultati ispitivanja pokazali su da *Septoria nodorum* utječe na smanjenje uroda od 6, 7% do 33, 3% kada se uspoređuju urodi dobiveni na kontrolnim parcelama u prirodnim uvjetima uzgoja sa urodima koji su dobiveni na parcelama na kojima je izvršena samo umjetna zaraza.

Uspoređujući dobivene urode na parcelama s jednim tretiranjem fungicidom sa parcelama sa samo umjetnom infekcijom dobivamo povećanje uroda za 12, 7% do 25, 0% na parcelama na kojima je upotrebljen fungicid.

Kao zaključak treba zabilježiti da su ispitivani fungicidi uz jedno tretiranje u stadiju pred klasanje imali pozitivno djelovanje u suzbijanju *Septoria nodorum*. Taj se zaključak može primijeniti na klimatski normalne godine za merkantilnu proizvodnju pšenice.

1) RH 41000 Zagreb

Institut za oplemenjivanje i proizvodnju bilja Dr. agr. znanosti
Institute for Breeding and Production of Fieldcrops Dr. sc.