

## MOGUĆI PRAVCI OPLEMENJIVANJA I POLJOPRIVREDNE MERE U CILJU PRILAGOĐAVANJA BILJAKA NA KLIMATSKE PROMENE U SRBIJI

Aleksandar Popović<sup>1\*</sup>, Vojka Babić<sup>1</sup>, Natalija Kravić<sup>1</sup>, Mile Sečanski<sup>1</sup>, Slaven Prodanović<sup>2</sup>

### Izvod

Unapređenje proizvodnje gajenih biljnih vrsta je od izuzetne važnosti, kako za ishranu ljudi i životinja, tako i za industrijsku preradu. U pogledu globalnih klimatskih promena i pronalaženja obnovljivih izvora energije, ovaj zadatak postaje još važniji. Naučnici iz različitih oblasti, aktivno su uključeni u rešavanje ovako kompleksnog zadatka. Klima koja se menja, predstavlja jako veliki izazov za poljoprivrednu praksu, ali i za proces oblikovanja poljoprivrednih strategija. Novija istraživanja ukazuju da se klimatske promene ne mogu zaustaviti. Kroz oplemenjivanje biljaka, uz adekvatnu agrotehniku, mogao bi se dati deo rešenja ili deo strategije delovanja u rešavanju narastajućih problema u poljoprivredi, koje donose globalne klimatske promene. Posebno su za ovo zainteresovani oplemenjivački centri koji imaju zadatak da stvore nove sorte i bolje hibride, koji će svojom genetikom moći uspešnije da se suprotstave sve većim izazovima.

**Ključne reči:** biljni genetički resursi, poljoprivreda, poplave, suša

### Uticaj klimatskih promena na poljoprivredu Srbije

Globalne klimatske promene su posledica složenih abiotičkih i biotičkih procesa i ogledaju se kroz statistički značajne promene klimatskih parametara. U užem smislu, klimatske promene predstavljaju one promene klime koje se direktno ili indirektno pripisuju

ljudskim aktivnostima koje menjaju sastav atmosfere i koje se razlikuju od klimatskih varijabilnosti koje se beleže tokom dužeg vremenskog perioda. Nepodeljeno je mišljenje da savremeni čovek ugrožava životnu sredinu na planeti zemlji u meri koja pretili da ugrozi i njegov sopstveni opstanak. Zagađivanje vode, zemljišta i vazduha, pa samim tim i hrane kroz

---

1 Pregledni rad (Review paper)

Popović A., Babić V., Kravić N., Sečanski M., Institut za kukuruz "Zemun Polje", Slobodana Bajića 1, 11085 Beograd – Zemun, Srbija.

<sup>2</sup> Prodanović S., Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Nemanjina 6, 11081 Beograd - Zemun, Srbija.

\*e-mail: [apopovic@mripz.rs](mailto:apopovic@mripz.rs)

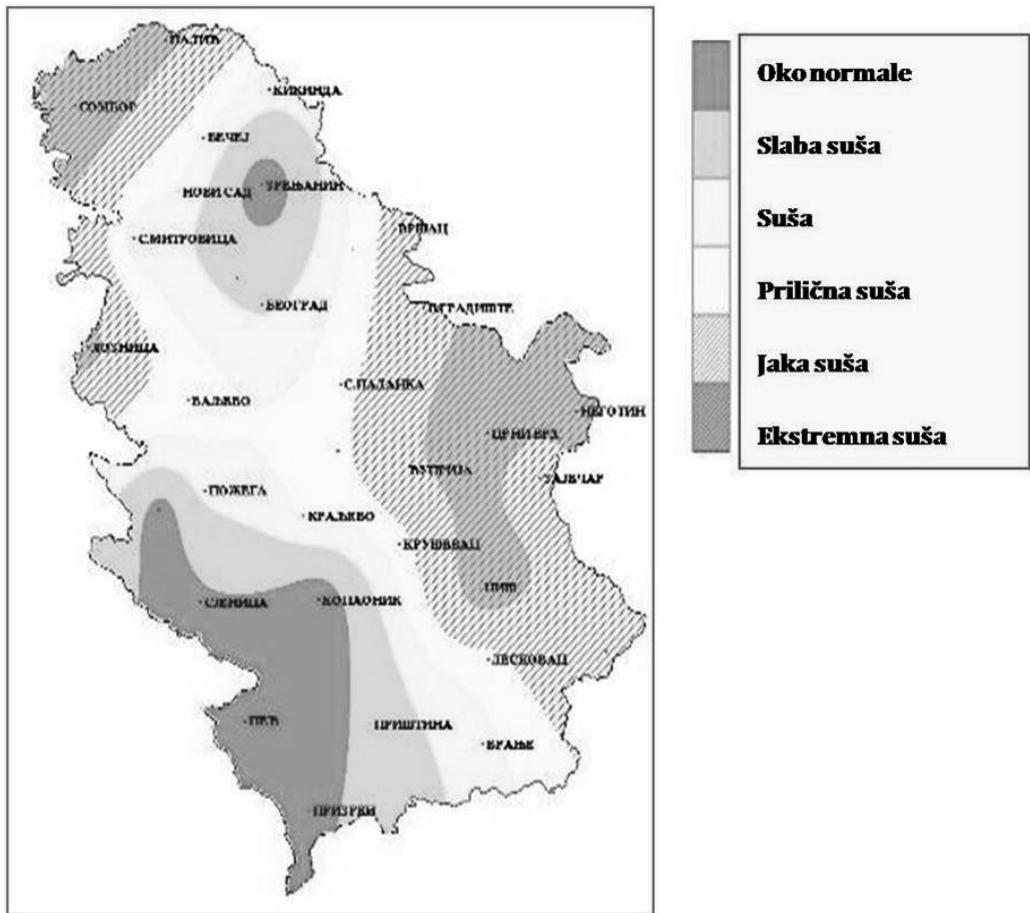
lošu poljoprivrednu praksu, danas već ima dramatične posledice, ne samo na lokalnom već i na globalnom nivou. Klima, zemljište i biljke predstavljaju osnovu poljoprivredne proizvodnje na koju se potom, nadovezuju društveno-ekonomski činioci.

Uticao čovekovih aktivnosti na klimu je prvi put dokumentaciono pripremljen 1990-te godine, u Prvom izveštaju Međunarodnog panela o klimatskim promenama, čemu je usledila Okvirna konvencija Ujedinjenih nacija o klimatskim promenama. Time je postignut globalni konsenzus o dejstvu čoveka na klimu. Klimatske promene imaju snažno dejstvo na mnoge oblasti života. Ove su, generalno već u toku na šta ukazuju pojave viših temperatura, veće evapotranspiracije i učestalije pojave suše u određenim regionima (Hillel and Rosenzweig, 2002). Postepeno zagrevanje atmosfere izaziva brojne i dalekosežne posledice za celokupnu ljudsku zajednicu.

Klimatske promene imaju značajne socio-ekonomske posledice za poljoprivredu Republike Srbije. Jedan od bitnih ciljeva u naporima prevazilaženja štetnih posledica klimatskih promena je unapređenje održivog upravljanja prirodnim resursima, sa fokusom na funkcionalnost različitih ekosistema (Oljača, 2010). Ova generalna pretnja zahteva prilagođavanje načina upravljanja, koji omogućava uključivanje svih važnih sektora (energetike, zdravstva itd.), a prvenstveno poljoprivrede, u procese koji će ublažiti posledice nastalih promena. U poljoprivredi Srbije klimatske promene utiču na visinu i kvalitet prinosa, na kvalitet biljaka, na otpornost prema bolestima i štetočinama, na stepen oprašivanja biljaka i fertilnost genotipova (Radić i sar., 2014). Naučni podaci govore da se mora delovati odmah, jer će ekstremne vremenske prilike, koje su prouzrokovane klimatskim promenama u budućnosti biti još intenzivnije.

Prema Jovanoviću i sar. (2013a), različiti intenziteti suše u poljoprivredi dovode do različitog procentualnog smanjenja prinosa. Početna suša smanjuje prinos 10 – 20%, srednja suša smanjuje prinos 21 – 30%, prilična suša smanjuje prinos 31 – 40%, jaka suša smanjuje prinos 41 – 50%, a ekstremna suša smanjuje prinos za više od 51%. Ovi podaci ukazuju da su najviše pogođeniji predeli Severne, Zapadne, Istočne i Jugoistočne Srbije, te da će u tim predelima doći do smanjenja prinosa u proseku za 40% (Sl. 1).

Pregled dosadašnjih klimatskih promena u Srbiji kao i projekcije klime za 21. vek dati su u Prvoj nacionalnoj komunikaciji republike Srbije (MŽSPP, 2010). Projekcije prema regionalnim klimatskim modelima predviđaju da će porast prosečne temperature na godišnjem nivou do kraja ovog veka iznositi od 2,4°C do 2,8°C prema optimističnom scenariju (A1B1), odnosno od 3,4°C do 3,8°C prema pesimističnom scenariju (A2). Prema svim scenarijima očekuje se rast prosečne temperature, uz određene regionalne razlike, u svim delovima Srbije. Otopljanje neće biti ravnomerno tokom godine. Leto će biti toplije za 3,5°C, jesen za 2,2°C, zima za 2,3°C, a proleće za 2,5°C (Popović, 2008). Konkretni pokazatelji ovih promena u Srbiji predstavljaju sušne godine, a koje su sve učestalije, posebno od 1983. godine do danas. Naročito u poslednjih 12 godina javljale su se ekstremno sušne godine, kao što su: 1992, 2000, 2003, 2007 i 2012 godina. Južni i jugo-istočni regioni Srbije, koji uobičajeno već vode bitku sa nedostatkom vode i koji u velikoj meri zavise od veštačkog navodnjavanja, osetiće kombinovani efekat velikih temperaturnih povećanja u kombinaciji sa smanjenim padavinama, dok će u ostalim delovima Srbije situacija ostati ista ili će se smanjiti. Ekstremno sušne godine prati visoka temperatura letnjih



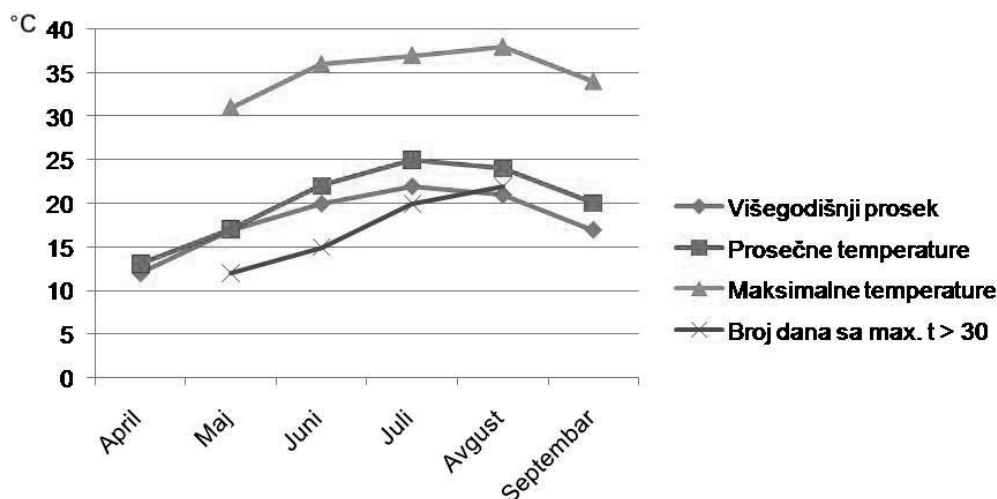
Slika 1. Geografska rasprostranjenost suše u Srbiji - RHMZS (Jovanović i sar., 2013a)  
 Figure 1. Geographical distribution of drought in Serbia – RHSS (Jovanović et al., 2013a)

meseci u periodu jun, jul i avgust, niska relativna vlažnost vazduha, najčešće manja od 35%, nedostatak i loš godišnji raspored padavina.

S druge strane, relativna vlažnost vazduha u Srbiji ima sve niže vrednosti, posebno u letnjim mesecima, što u kombinaciji sa suvim vetrovima i visokom temperaturom (više

od 35°C) u dužem vremenskom periodu nanosi ogromne štete poljoprivrednim biljkama, naročito u vreme oprašivanja i nalivanja zrna.

Ukupna količina padavina, a posebno njihov neravnomeran raspored tokom letnjih meseci presudno deluju na prinose gotovo svih poljoprivrednih kultura. Procenjuje se deficit i do 300 mm na godišnjem nivou.



Grafikon 1. Prosečne temperature vazduha (°C) u Vojvodini za 2012. Godinu (modifikovano prema Jovanović-u i sar. 2013a)

Graph 1. Average air temperatures (°C) in Vojvodina for 2012. (modified according to Jovanović et al., 2013a)

### Pravci oplemenjivanja i poljoprivredne mere u cilju prilagodavanja biljaka na klimatske promene

Poljoprivreda je veoma značajan privredni sektor u Srbiji. U ukupnom bruto nacionalnom dohotku poljoprivredna proizvodnja je učestvovala sa 9 - 10% u 2011. godini (Ministarstvo finansija, 2011). Poljoprivredni proizvodi čine veoma značajnu komponentu izvoza u kome učestvuju sa preko 20%. U pojedinim

regionima Srbije, poljoprivreda predstavlja osnovnu delatnost od koje u potpunosti zavisi veliki broj domaćinstava. Više od polovine nacionalne teritorije predstavlja poljoprivredno zemljište (4.867.000 ha), što u najvećoj meri i objašnjava tako visok udeo poljoprivrede u ukupnoj proizvodnji i konačno određuje Srbiju kao agrarnu zemlju, a klimatske promene kao pretnju za dalji razvoj i opstanak ovog sektora.

Postalo je jasno da mere ublažavanja nisu dovoljne i da je praktično nemoguće

zaustaviti klimatske promene u kratkom roku. Iz tog razloga neophodno je razvijati i primenjivati odgovarajuće mere u poljoprivrednoj proizvodnji. Trenutni kapacitet adaptivnih mera na klimatske promene je prilično skroman u Republici Srbiji. Procena ranjivosti na klimatske promene i planiranje adaptacionih mera izuzetno su složeni procesi koji zahtevaju analize svih sektora društva i učešće brojnih stručnjaka, ali i ostalih zainteresovanih strana (poljoprivrednih proizvođača). Planiranje i primena adaptacionih mera je proces koji i od individualnih proizvođača zahteva znanje i znatna materijalna sredstva. Možemo reći da spremnost većine proizvođača na izazove koje donose klimatske promene trenutno nije na zadovoljavajućem nivou, odnosno da većina njih ima nizak adaptivni kapacitet. Jasno je da podizanje njihovog adaptivnog kapaciteta u velikoj meri zavisi od integralnog ruralnog razvoja. Zbog toga, intenziviranje ruralnog razvoja i razvoja poljoprivredne proizvodnje predstavlja preduslov bez kojeg će primena adaptacionih mera teško biti sprovodljiva.

Može se reći, da je u Srbiji, u poslednjih nekoliko godina došlo do značajnog unapređenja našeg znanja o uticaju klimatskih promena na poljoprivredu. U adaptacione poljoprivredne mere treba uključiti sva raspoloživa sredstva, prvenstveno primenu svih agrotehničkih mera koje moraju imati preventivni karakter (Jovanović i sar., 2013a; Girek et al., 2014; Vučković i sar., 2005), uključujući izbor sorte i primenu oplemenjivačkih metoda (Popović i sar., 2014; Knežević-Jarić i sar., 2014). Od agrotehničkih mera treba napomenuti direktne preventivne mere, koje omogućavaju racionalno korišćenje vlage u zemljištu, a postižu se adekvatnom rejonizacijom. Gajenjem useva u sistemu plodoreda, postiže se racionalnija potrošnja vode i mineralnih hraniva (Kovačević, 1995).

Samostalne mere, koje na direktan ili indirektan način primenjuju poljoprivredni proizvođači, moraju se planirati u skladu sa lokalnim posebnostima predela Srbije. Takve mere se odnose na:

- izbor novih hibrida/sorti visoke plastičnosti;
- izmenu načina obrade zemljišta;
- gajenje novih biljaka koje do sada nisu gajene na datim prostorima (na kojima rade i na koje ukazuju oplemenjivački centri);
- primenu sistema za navodnjavanje;
- izmene u načinu korišćenja i vrsta ma đubriva;
- izmene u datumima setve;
- primenu zaštitnih mera (protivgradne mreže, defrost mreže);
- unapređenje mehanizacije i smanjenje broja prohoda;
- stvaranje uslova i navika da poljoprivredni proizvođači u Srbiji osiguravaju useve.

Tehnike savremenog oplemenjivanja, procedure registracije novih sorti kao i njihov marketing doveli su do velikog suženje genetičke osnove gajenih biljaka koje se nude tržištu. Kompeticija između semenskih kompanija dovodi do toga da se u širokoj proizvodnji gaji jako mali broj najrodnijih sorti koje mogu biti i genetički veoma bliske. Time se znatno povećava ranjivost poljoprivrednih useva na sve abiotičke, ali i biotičke stresne faktore. Nove sorte moraju da budu prilagođene novim uslovima sredine. Kako uslovi spoljašnje sredine postaju sve različiti iz godine u godinu, tako i nove sorte moraju da imaju veću genetičku raznovrsnost, kako bi se oduprle ovim negativnim posledicama. Stoga je očuvanje biodiverziteta, kao početnog materijala za oplemenjivanje biljaka u sve većem fokusu savremenih istraživanja. U naučnim in-

stitucijama u Srbiji već su započeta različita istraživanja, koja imaju za cilj da umanje negativne uticaje klimatskih promena na poljoprivrednu proizvodnju. Kroz oplemenjivanje biljaka stvaraju se genotipovi koji su bolje adaptirani na novonastale uslove spoljašnje sredine. Stručnjaci iz ove oblasti naglašavaju da sorte koje se stvaraju za određene uslove (povećane suše) treba i selekcionisati u takvim uslovima (Anđelković, 2000). Sredine u kojima se "upravljaju" nivoom stresa (MSE - *managed stress environments*) su lokaliteti koji se karakterišu minimalnim ili potpunim odsustvom padavina tokom vegetacionog perioda, primenom preciznog navodnjavanja u određenoj fazi razvika (čime se omogućava ispitivanje germplazme u uslovima jakog stresa izazvanog sušom, do uslova dobre snabdevenosti vodom), vrlo malim interakcijama sa biotičkim faktorima, kao i visokim potencijalom za prinos u uslovima navodnjavanja (Bruce et al., 2002; Barker et al., 2005).

Stvaranjem sorti koje su tolerantne na stres jedan stres (na pr. suše) problem nije rešen. Nestabilni vremenski uslovi, kao što su izrazito sušne i izrazito humidne godine, dovode do nestabilne i zavisne proizvodnje. Iz tog razloga model sorte, kojem će se težiti u procesu oplemenjivanja, potrebno je da poseduje široku adaptabilnost na što veći broj abiotičkih i biotičkih stresnih faktora. Od takvog genotipa se očekuje da zadržava visok nivo višegodišnjeg proseka svih kvalitativnih i kvantitativnih osobina koje su bitne za proizvodnju. Takođe, izbalansirana rotacija biljnih vrsta je još jedna jednostavna mera koja može značajno da spreči dramatičan gubitak prinosa, a time i prihoda u poljoprivrednoj proizvodnji.

Takođe se ulažu ogromni naponi da se proširi diverzitet elitnog oplemenjivačkog materijala uz upotrebu postojećih genetičkih resursa koji se čuvaju u bankama biljnih gena

(Popović, 2013). Kao posledica klimatskih promena, do 2050. godine može se očekivati geografsko pomeranje biljnih vrsta (posebno prolećnih vrsta) iz južnih krajeva ka višim geografskim dužinama. Međutim, može se i mora razmatrati mogućnost selekcije i gajenja vrsta koje do sada nisu bile gajene ili nisu mogle da se gaje na prostoru Srbije ([www.adagio-eu.org](http://www.adagio-eu.org)).

U oplemenjivanju kukuruza u uslovima klimatskih promena, selekcija i oplemenjivanje genotipova će se vršiti u pravcu stvaranja hibrida kraće vegetacije. Tu spadaju hibridi iz FAO 200-400 grupe zrenja koji se mogu sejati u ranijim rokovima setve, tj. u nešto hladnijem zemljištu. Visoka stabilnost prinosa i plastičnost genotipova spada među najpoželjnije osobine, kao jedan od glavnih preduslova za širenje istih na velikim površinama (Sing and Choudhary, 1976). Dosadašnji rezultati o stabilnosti prinosa zrna kukuruza na teritoriji Republike Srbije, pokazuju da hibridi srednje ranih grupa zrenja (FAO 300-400) pokazuju bolju adaptabilnost na lošije uslove gajenja. Ovi hibridi postižu zadovoljavajuće prinose, dok nizak sadržaj vlage u zrnu za vreme berbe omogućava direktno kombajniranje u zrnu. Hibridi kasnijih grupa zrenja (FAO 500-700), sa druge strane, postižu više prinose i pokazuju bolju adaptiranost na bolje uslove gajenja (Pavlov i sar., 2011; Čamdžija i sar., 2012; Jovanović i sar., 2013b).

Evidentno je da postoji veliki jaz između raspoložive genetičke varijabilnosti koja je sačuvana u bankama gena i materijala koji se nalazi u radnim kolekcijama komercijalnih oplemenjivačkih programa, ne samo u Srbiji, već i u drugim zemljama u razvoju (Nass et al., 1993). Jedan od ključnih razloga za to je velika opterećenost germplazme iz banaka gena nepoželjnim osobinama sa aspekta modernog oplemenjivanja. Ogromno genetičko bogatstvo

koje se čuva u bankama gena dobija ekonomski značaj samo onda kada se pravilino koristi, a jedan od tih načina je identifikacija potencijalno korisnih gena, tj. pronalaženje superiornih genotipova koji poseduju visok potencijal za prinos, izraženiju otpornost na bolesti i štetočine, veću tolerantnost na abiotički stres ili bolji nutritivni sastav zrna.

Predoplemenjivanje je najperspektivniji način povezivanja genetičkih resursa i oplemenjivačkih programa. Odnosi se na sve aktivnosti koje su osmišljene da identifikuju poželjne osobine i/ili gene iz neadaptiranog (egzotičnog ili poluegzotičnog) materijala, uključujući i adaptirani materijal, koji će biti podvrgnut nekom selekcionom pritisku (Nass and Paterniani, 2000). Predoplemenjivački programi oplemenjivanja mogu da stvore nove početne populacije za oplemenjivačke programe i da pomognu u dobijanju informacija o njihovom heterotičnom potencijalu, što je neophodno za hibridne oplemenjivačke programe sa akcentom na klimatske promene. Formiranje sržnih (core) kolekcija je takođe jedan od načina uspešnog delovanja u predoplemenjivačkim programima. Sržne kolekcije sadrže reprezentativne predstavnike grupa uzoraka sa sličnim osobinama. One predstavljaju genetički diverzitet određene vrste i njenih srodnika, sa minimumom ponovljivosti (Frankel, 1984). Takođe, ne treba zaboraviti grupe biljaka sa specijalnim genetskim osobinama (*special genetic stock*), za koje se zna da nose specifične gene, alele ili grupe vezanih gena za svojstvo od značaja. Ovde spadaju mutanti (poliploidi, hromozomski i genski aberanti) i različiti selekcionni materijal koji se može koristiti u predoplemenjivačkom procesu (Prodanović i Šurlan-Momirović, 2006). Marshall (1989) smatra da je manjak programa predoplemenjivanja najveći ograničavajući faktor za korišćenje materijala iz kolekcija banaka

gena.

Poznato je da uspeh u selekciji biljaka zavisi od obima varijabilnosti početnog materijala, kao i od metoda koje se primenjuju u selekciji. U težnji za ostvarenjem što većih prinosa, sužavali su se i genetički izvori koji su ostajali u konkurenciji. Ukupna varijabilnost smanjivala se u korist povećanja frekvencije poželjnih gena za osobine na koje je selekcija vršena. Sve veći zahtevi na koje treba da odgovore savremeni hibridi i sorte u pogledu adaptiranosti na najraznovrsnije uslove gajenja, sve učestalije klimatske promene, kao i kvaliteta i pogodnosti za različite načine iskorišćavanja, upućuje na to da se genetička osnova početnog materijala mora proširiti. Najšira varijabilnost koja nastaje unutar vrste kao rezultat kontinuiranog procesa variranja i selekcije u veoma dugom vremenskom periodu i na velikom prostoru, skoncentrisana je u prirodnim populacijama.

Kada govorimo o korišćenju lokalnih populacija u modernom oplemenjivanju kukuruza u Srbiji, možemo slobodno reći da se u prethodnom periodu poboljšanju lokalnih populacija nije posvetila odgovarajuća pažnja pa su one, sa aspekta modernog oplemenjivanja, vremenom gubile na značaju. U novije vreme u Institutu za kukuruz Zemun Polje preduzimaju se značajne aktivnosti, u okviru određenih projekata, koje imaju za cilj povećanje diverziteta komercijalnog oplemenjivačkog materijala (Babić i sar., 2012). S obzirom na predviđanje globalnih klimatskih promena za 21. vek, u pravcu povećanja temperature vazduha, veće evapotranspiracije i učestalije pojave suše, poboljšana sposobnost biljaka da izdrže nepovoljne uslove spoljašnje sredine je esencijalna i zahteva multidisciplinarni pristup u proučavanju osobina koje doprinose njenoj povećanoj tolerantnosti prema stresu suše (Kravić, 2013).

Učestalost suša i poplava porasla je u nekim delovima sveta u koje spadaju Srbija, a takav trend povezan je sa klimatskim promenama (IPCC, 2012). Suša je kompleksan pojam koji uključuje vreme pojave, intenzitet i trajanje vodnog deficita u kombinaciji sa visokim temperaturama vazduha. Visok stepen variranja ovih faktora otežava precizno definisanje osobina biljke odgovornih za njeno uspešno preživljavanje u takvim uslovima (Rao and Cramer, 2003). Zbog nemogućnosti predviđanja njenog nastanka, geografskog i sezonskog, uključujući i tekuće klimatske promene sa trendom porasta temperature i intenziteta evapotranspiracije, može se očekivati sve izraženiji negativni uticaj suše (Ribaut et al., 2004; Bänzinger i Arau, 2007). Tolerantnost na sušu je vrlo složena kvantitativna osobina, koja je po svom načinu nasleđivanja poligena i vezana je za veliki broj fizioloških i morfoloških osobina (Campos et al., 2004). Za uspešnu selekciju na povećanu tolerantnost prema suši neophodno je pronaći poželjne genotipove sa tim svojstvom. Pri tome je važno da korišćeni izvori poseduju visok stepen ekspresije tražene osobine, ali i da se odlikuju što višim stepenom adaptiranosti na lokalne uslove gajenja.

U procesu selekcije na stresne faktore, mogu se izdvojiti tri strategije (Blum, 1983):

- Prva polazi od toga da će biljni materijal koji daje visok prinos u optimalnim uslovima gajenja, davati relativno visok prinos i u manje povoljnim uslovima, zadržavajući objedinjene osobine prinosa i stabilnosti (Johnson and Frey, 1967);
- Druga strategija polazi od toga da se superiorni genotipovi testiraju u posebnim, sušnim sredinama, uz primenu odgovarajućeg selekcionog pritiska (Arboleda-Rivera

and Compton, 1974);

- Treća alternativna strategija, obuhvata inkorporaciju relevantnih pokazatelja otpornosti prema suši u genotipove sa visokim potencijalom za prinos u optimalnim uslovima, što bi trebalo da se odrazi na njihovu bolju adaptiranost na manje povoljne uslove (Blum, 1988).

Za formiranje izvorne populacije kukuruza tolerantne prema suši, (Bänzinger et al., 2000) može se koristiti:

1. lokalna "adaptirana" germplazma: ona u sebi sadrži nisku frekvenciju alela značajnih za tolerantnost prema suši, koja se tokom selekcije može povećavati da bi se dobio poželjan izvor germplazme;

2. "neadaptirana" germplazma tolerantna prema suši: mogućnost njenog korišćenja zavisi od odnosa njene tolerantnosti i adaptiranosti;

3. novi kompleks germplazme nastao introgresijom: treća i najsloženija strategija koja se ogleda u formiranju i razvoju nove populacije introgresijom lokalno adaptirane germplazme u populaciju koja nosi u sebi tolerantnost prema suši.

Idealan genotip kukuruza za sušne uslove trebalo bi da ima sledeće karakteristike (Bolanos and Edmeades, 1996):

- korenov sistem koji poseduje sposobnost zadržavanja pristupačne vode u zemljištu
- rano cvetanje i rano sazrevanje zrna, ukoliko je kišna sezona izvesna i kratka (nedostatak je relativno nizak prinos zbog kraćeg vegetacionog perioda)
- kasno sazrevanje sa relativno visokim prinosom u optimalnim uslovima i u uslovima suše (prinos je stabilan usled smanjenog efekta



- suše na broj i veličinu zrna)
- kratak period (mali broj dana) između metličanja i svilanja (*ASI - anthesis silking interval*)
- odloženo starenje listova (visok *stay green*)
- tolerantnost na visoke temperature
- odsustvo uvijenosti lista
- odsustvo oštećenja lisne površine
- jedan klip po biljci
- veliki broj zrna
- veliku masu zrna

Korišćenje sekundarnih osobina, koja su pokazatelji tolerantnosti prema suši se preporučuje u brojnim istraživanjima (Ludlow and Muchow, 1990; Fukai and Cooper, 1995), iako je njihov doprinos primarnom oplemenjivačkom svojstvu, povećanju prinosa u uslovima stresa, teško precizno odrediti. Sekundarne osobine, kao pokazatelji tolerantnosti prema suši bi trebalo da poseduju sledeće karakteristike: da su genetički vezane za prinos u uslovima suše, da su visoko nasledne, da poseduju genetičku varijabilnost, da su stabilne i pogodne za merenje, kao i da nisu vezane za gubitak prinosa u optimalnim uslovima gajenja (Edmeades et al., 2001).

Stvaranje genotipova koji će zadovoljiti potrebe budućih generacija u skladu s klimatskim promenama i sve većim porastom ljudske populacije je jedan od najznačajnijih zadataka oplemenjivača (Easterling et al., 2007). Značajni gubici prinosa usled suše dodatno se uvećavaju usled globalnih klimatskih promena, kao što je rast temperature i promena u distribuciji padavina u ključnim, tradicionalno proizvodnim reonima Srbije. Korišćenje genetike u poboljšavanju tolerantnosti na sušu i obezbeđenja stabilnosti prinosa je važan vid stabilizacije globalne proizvodnje biljaka. Poboljšana genetika, odnosno rodniji hibridi i nove sorte lakše se i brže uvode u proizvod-

nju, nego moderna agrotehnika, koja zavisi mnogo više od mogućnosti inputa, infrastrukture, pristupa tržištu i iskustva u agronomiji. Seme poboljšanih hibrida je efikasno sredstvo prenošenja konvencionalnih i transgenih osobina koje doprinose povećanju i stabilnosti prinosa u uslovima klimatskih promena. U toku poslednjih 30 godina kontinuirano povećanje prinosa više je rezultat povećane tolerantnosti na stres prouzrokovan klimatskim promenama, nego povećanja kapaciteta za prinos *per se* (Tollenar and Lee, 2002; Duvick et al i sar., 2004).

Danas se naučnici suočavaju sa ogromnim izazovom, a stalno unapređenje novih tehnologija u kombinaciji sa ogromnim postojećim znanjem iz oblasti mehanizama odgovornih za smanjenje prinosa, obezbediće čvrstu osnovu za postizanje povećane proizvodnje poljoprivrednih biljaka (Anđelković i sar., 2012).

### Zaključak

Poljoprivreda se suočava sa puno izazova prouzrokovanih klimatskim promenama, ali i može ponuditi neka od rešenja za globalno zagrevanje. Iako je Srbija u poslednjih nekoliko godina postigla značajan napredak u donošenju zakonske regulative u vezi sa klimatskim promenama, utisak je da borba protiv ovih promena i dalje nije određena kao prioritet. To se naročito odnosi na nedovoljnu primenu adekvatnih poljoprivrednih mera u cilju ublažavanja i prevazilaženja štetnih efekata prouzrokovanih klimatskim promenama.

Iz tog razloga, posebnu pažnju neophodno je posvetiti:

- razvoju praćenja klimatskih događaja i promena, kao i razvoju prognostike;
- razvoju i prilagođavanju klimatskih

- modela za područje Srbije i njene regione;
- istraživanjima i karakterizaciji uslova i odabiru adekvatnih sorti/hibrida;
  - primenjenim istraživanjima i razvoju novih genotipova, adaptiranih na izmenjene uslovice spoljašnje sredine;
  - istraživanjima bolesti i štetnih vrsta u izmenjenim klimatskim uslovima Srbije;
  - unapređenju i planiranju preventivnih aktivnosti (na državnom i regionalnom nivou);
  - razvoju i prilagođavanju tehnologije proizvodnje novim uslovima sredine;
  - istraživanjima u oblasti povećanja efikasnosti poljoprivredne proizvodnje sa ciljem smanjenja potrošnje energije;
  - istraživanjima u cilju širenja i povećanja efikasnosti irigacione mreže;
  - razmatranju mogućnosti gajenja vrsta koje do sada nisu bile gajene na prostoru Srbije.

Izazovi koje nam nameću klimatske promene u budućnosti, prevazilaze granice raspoloživih autonomnih kapaciteta Republike Srbije, kako na nivou pojedinačnih farmi, tako i na nivou velikih proizvodnih sistema i Instituta koji će raditi na ovoj problematici.

Neophodne su nove strategije, koje će omogućiti poljoprivrednicima da se nose sa težim, novonastalim promenama u sistemima poljoprivredne proizvodnje, koje će imati međudržavni značaj, a obuhvatiće region Balkana, kao i celokupnu Južnu Evropu.

### Zahvalnica

Realizaciji rada doprineo je projekat ref: 332160 UØ, pod nazivom "Prilagođavanja u poljoprivredi na klimatske promene - saradnja, obrazovanje, istraživanje i savetodavstvo na Zapadnom Balkanu", koji je deo Norveškog Programa u Visokom obrazovanju, istraživanju i razvoju (HERD) na Zapadnom Balkanu: HERD/Poljoprivreda", čiji su rukovodioci: Prof. dr Bishal Sitaula i Prof. dr Slaven Prodanović.

### Literatura

- Anđelković V (2000): Identifikacija pokazatelja otpornosti kukuruza (*Zea mays L.*) prema suši kod top-cross potomstava sa egzotičnom germplazmom. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu.
- Anđelković V, Ignjatović-Mičić J, Vančetočić J, Babić M (2012): Integrisan pristup u poboljšanje tolerantnosti kukuruza na sušu. Selekcija i semenarstvo, Vol 18 (2): 1-18.
- Arboleda-Rivera F, Compton WA (1974): Differential response of maize (*Zea mays L.*) to mass selection in diverse selection environments. *Theoretical and Applied Genetics*, 44: 77-81.
- Babić V, Vancetović J, Prodanović S, Anđelković V, Babić M, Kravić N (2012): The identification of drought tolerant maize accessions by two-step cluster analysis. *Romanian agricultural research* 29: 53-61.
- Banziger M, Edmeades GO, Beck D, Bellon M, (2000): *Stress management*. In: Breeding for drought and nitrogen stress tolerance in maize: From Theory to Practice. Mexico, D.F., CIMMYT: 23-31.
- Banziger M, Araus JL (2007): Recent advances

- in breeding maize for drought and salinity stress tolerance. In: *Advances in Molecular Breeding Toward Drought and Salt Tolerant Crops*, Jenks, M.A., P.M. Hasegawa and S.M. Jain (Eds). Springer Verlag, Dordrecht, The Netherlands, 587-601.
- Barker, T., H. Campos, M. Cooper, D. Donlan, G.O. Edmeades, J. Habben, J. Schussler, D. Wright, C. Zinselmeier (2005): Improving drought tolerance in maize. *Plant Breeding Reviews* 25: 173-253.
- Blum A (1983): Breeding Programs for Improving Crop Resistance to Water Stress. In: *Crop Reaction to Water and Temperature Stress in Humid, Temperate Climates*, C.D. Raper and P.J. Cramer (eds.), West View Press, Boulder, Colorado, USA, 263-275.
- Blum A (1988): *Plant Breeding for Stress Tolerance*, ed. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Bolanos J, Edmeades GO (1996): The importance of anthesis-silking interval in breeding for drought tolerance in tropical maize. *Field Crops Research* 48: 65-80.
- Bruce W.B., G.O. Edmeades, T.C Barker (2002): Molecular and physiological approaches to maize improvement for drought tolerance. *Journal of Experimental Botany*, 53: 13-25.
- Čamdžija Z, Filipović M, Stevanović M, Mladenović-Drinić S, Vančetović J, Babić M (2012): Prinos i komponente prinosa komercijalnih ZP hibrida kukuruza različitih grupa zrenja. *Selekcija i semenarstvo*, Vol 18 (1):41-48.
- Campos H, Cooper M, Haben JE, Edmeades GO, Barker T (2004): Improving drought tolerance in maize: A view from industry. *Field Crops Research* 90: 19-34.
- Duvick D N, Smith J C S, Cooper M (2004): Long-term selection in a commercial hybrid maize breeding program. *Plant Breeding Reviews*, 24: 109-151.
- Easterling WE, Aggarwal P, Batima P, Branker KM, Erda L, Howden A, Kirilenko, Morton AJ, Soussana JF, Schmidhuber J, Tubiello FN (2007): Food, fibre and forest products. In: *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Parry ML, Canziani OF, Palutikof JP, van der Linden PJ, Hanson CE (eds). Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Edmeades GO, Cooper M, Lafitte R, Zinselmeier C, Ribaut JM, Habben JE, Löffler C, Banziger M (2001): Abiotic stresses and staple crops. *Proceedings of the Third International Crop Science Congress*, Hamburg, Germany, CABI Publishing: 137-154.
- Frankel OH (1984): Genetic Perspectives of Germplasm Conservation. In: *Genetic Manipulation: Impact on Man and society*, W. Arber, K. Llimensee, W.J. Peacock and P. Starlinger (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, UK, 161-170.
- Fukai S, Cooper M (1995): Development of drought resistant cultivars using Physio-morphological traits in rice. *Field Crops Research*, 40: 67-86.
- Girek Z, Ugrinović M, Prodanović S, Zdravković J, Brdar-Jokanović M, Đorđević M, Zečević B (2014): Uticaj komercijalnih organskih đubriva na prinos dinje i lubenice u Srbiji.

- Zbornik naučnik radova Instituta PKB Agroekonomik, 20 (1-4): 109-118.
- Hillel D, Rosenzweig (2002): Desertification in relation to climate variability and change. *Advances in Agronomy*, 77: 1-38.
- IPCC (2012): *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582
- Johnson GR, Frey KJ (1967): Heritabilities of quantitative attributes of oats (*Avena* sp.) at varying levels of environmental stress, *Crop Science*, 7: 43-49.
- Jovanović Ž, Tolimir M, Kaitović Ž. (2013a): Agroklimatski uslovi u poljoprivrednoj proizvodnji u Srbiji. Tematsko savetovanje TOSS-25, Proizvodnja i doradasemena i merkantilnog zrna u ekstremnim klimatskim uslovima, 17. Januar 2013. Privredna komora Srbije, Beograd.
- Jovanović Ž, Filipović M, Tolimir M, Kaitović Ž, Crevar M, Čamdžija Z (2013b): Prinos zrna i stabilnost ZP hibrida u centralnoj Srbiji. XVIII Savetovanje o biotehnologiji, sa međunarodnim učešćem. Agronomski fakultet, Čačak, Srbija, 15-16.maj. Zbornik radova, 17-21.
- Knežević-Jarić J, Prodanović S, Iwarsson M (2014): Decline of the maize landrace cultivation in Eastern Serbia. *Romanian Agricultural Research*, 31: 11-16.
- Kovačević D (1995): Uloga plodoreda u konvencionalnoj proizvodnji kukuruza. *Acta herbologica*. Vol 4 (2): 63-77
- Kravić N (2013): Analiza genetičke varijabilnosti kukuruza na tolerantnost prema suši. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd, 1-170.
- Ludlow MM, Muchow RC (1990): A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited environments. *Advances in Agronomy*, 43: 107-153.
- Marshall DR (1989): Limitations to the use of germplasm collections. In: Brown, A.D.H.; Frankel OH; Marshall DR, Williams JT (Ed.) *The use of plant genetic resources*. Cambridge: University Press, 105-120.
- Ministarstvo finansija (2011): Jesenja analiza privrednih kretanja. [http://www.mfin.gov.rs/UserFiles/File/dokumenti/Jesenja\\_analiza\\_privrednih%20kretanja\\_9.pdf](http://www.mfin.gov.rs/UserFiles/File/dokumenti/Jesenja_analiza_privrednih%20kretanja_9.pdf)
- MŽSPP(2010): Initial National Communication of the Republic of Serbia under the United
- Nass LL, Pellicano IJ, Valois ACC (1993): Utilization of genetic resources for maize and soybean breeding in Brazil. *Brazilian Journal of Genetics*, 16: 983-988.
- Nass LL, Paterniani (2000): Pre-breeding: a link between genetic resources and maize breeding. *Scientia Agricola*, 57: 581-587.
- Oljača S (2010): *Ekologija i agroekosistemi*, prvo izdanje, Izdavač: Poljoprivredni fakultet, Univerziteta u Beogradu, Beograd, 1-180.
- Pavlov J, Delić N, Stevanović M, Čamdžija Z, Grčić N, Crevar M (2011): Grain yield of ZP maize hybrids in the maize

- growing areas in Serbia. 46<sup>th</sup> Croatian and 6<sup>th</sup> International Symposium on Agriculture. February 14-18. 2011, Opatija, Croatia, 395-398.
- Popović A (2013): Evaluacija lokalnih populacija kukuruza povećane tolerantnosti na sušu. Master rad, Poljoprivredni fakultet, Beograd - Zemun, 51.
- Popović A, Prodanović S, Filipović M, Kravić N, Babić V, Sečanski M (2014): Selection of local maize landraces for development of synthetic populations. Book of Abstracts, V Congress of the Serbian Genetic Society, Kladovo, Serbia, 28 September-02 October, 264.
- Popović T, Živković M, Radulović E (2008): "Srbija i globalno otopljanje", I konferencija Održivi razvoj i klimatske promene, Zbornik radova, 47-54.
- Prodanović S, Šurlan-Momirović Gordana (2006): Genetički resursi biljaka za organsku poljoprivredu, Monografija, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, 125str. Beograd.
- Radić V, Vučković S, Gatarić Đ, Prodanović S, Komljenović I, Subić J (2014): Investigation of fertility genotypes Birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.) depending on the method of pollination. *Bothalia*, 44(4): 160-165.
- Rao I, Cramer G (2003): Plant nutrition and crop improvement in adverse soil conditions, p. 270-303. In: M. Chrispeels and D. Sadava (eds). *Plants, Genes, and Crop Biotechnology*. Published in partnership with the American Society of Plant Biologists and ASPB Education Foundation. Jones and Bartlett Publishers, Sudbury, MA, USA, 270-303.
- Ribaut JM, Hoisington DA, Banziger M, Setter TL, Edmeades GO (2004): Genetic dissection of drought tolerance in maize, A case study, 571-609, In H.T. Nguyen and A. Blum (eds). *Physiological and biotechnology integration for plant breeding*. Marcel Dekker Inc., New York.
- Singh RK, Chaudhary BD (1976): *Biometrical methods in quantitative genetic analysis*. Kalyani Publishers, Ludhiana, New Delhi, 205-214.
- Tollenaar M, Lee E.A. (2002): Yield potential, yield stability and stress tolerance in maize. *Field Crops Research* 75: 161-169.
- Vučković S, Čupina B, Simić A, Prodanović S, Živanović T (2005): Effect of nitrogen fertilization and undersowing on yield and quality of *Cynosuretum cristatum*-type meadows in hilly-mountainous grasslands in Serbia. *Journal of Central European Agriculture*. Vol 6 (4): 515-520.

## **BREEDING FOR PLANT ADAPTATIONS AND AGRICULTURAL MEASURES IN RESPONSE TO CLIMATIC CHANGES IN SERBIA**

Aleksandar Popović, Vojka Babić, Natalija Kravić, Mile Sečanski, Slaven Prodanović

### **Summary**

Improving the production of different cultivated plant species is of great importance for both human and animals, as well as for industrial processing. In the light of global climate changing and searching for renewable sources of energy, this task becomes even more important. Scientists from different areas of research, are actively involved in solving this complex task. Climate changes represent a big challenge not only for agricultural practices, but also for the process of shaping agricultural strategies. Recent studies indicate that climate changes can not be stopped. Constantly growing problems brought by global climate changes could be, to a larger extent, overcome by breeding programs, along with application of adequate agrotechnical measures. Thus, development of new varieties and hybrids with improved performances in response to more frequent and unfavourable environmental conditions, is of prime importance in breeding centers.

**Key words:** agriculture, drought, floods, plant genetic resources.

Primljeno: 3. novembra 2014.

Prihvaćeno: 1. decembra 2014.