

# DOSTIGNUĆA I OČEKIVANJA U OPLEMENJIVANJU ŠEĆERNE REPE

Živko Ćurčić, Lazar Kovačev, Dario Danojević,  
Nevena Nagl, Nikola Čačić

Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad

**Izvod:** Iako se šećerna repa gaji tek oko 250 godina, izmena pravaca oplemenjivanja su bila mnogo izraženija u odnosu na druge ratarske biljke. Razne promene koje su se desile kod šećerne repe pod uticajem bilo proizvođača, potrošača ili raznih patogena dovele su u pitanje proizvodnju ove biljne vrste u svetu. U Institutu za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu na oplemenjivanju šećerne repe se uspešno radi od 1939 godine. Osnovni pravac u oplemenjivačkom programu je stvaranje hibrida sa visokim prinosom šećera po hektaru i hibrida tolerantnih prema najznačajnijim patogenima i stresnim uslovima. Tokom proteklih 50 godina intenzivnog rada u Odeljenju za šećernu repu stvoreno je 50 sorata (33 u zemlji i 17 u inostranstvu).

**Gljučne reči:** dostignuća, genetika, očekivanja, oplemenjivanje, šećerna repa

## Uvod

Šećerna repa (*Beta vulgaris* L.) je najznačajnija industrijska biljka za proizvodnju šećera u umerenom klimatskom području. Takođe se smatra da je šećerna repa jedna od najproduktivnijih gajenih biljaka u severnim agroekološkim uslovima (Fisher, 1989) i da ju je u pravom smislu te reči stvorila nauka. Ipak i pored njenog ogromnog značaja u navedenim agroklimatskim uslovima, površine gajene pod šećernom repom se iz godine u godinu smanjuju. Prema FAO podacima, površine pod šećernom repom u svetu u 2007. godini iznosile su 5,3 miliona ha, pri čemu je više od 70% površina bilo u Evropi (3,78 miliona ha), dok je pre deset godina šećerna repa u svetu gajena na površini od preko 7 miliona ha (4,94 miliona ha u Evropi). Jedan od razloga tendencije smanjivanja površina pod šećernom repom je ogroman napredak u oplemenjivanju šećerne repe kao i napredak u tehnici gajenja ove biljne kulture, što je kao konačan rezultat imalo povećanje prinosa šećera po jedinici površine i samim tim omogućilo proizvodnju iste količine šećera na manjoj površini (Steinrücken, 2005). Pored toga sve veća konkurencija šećeru iz šećerne repe predstavlja šećer iz šećerne trske i prirodni i veštački zaslađivači.

Buduće aktivnosti oplemenjivača šećerne repe treba da se fokusiraju na prelazak sa „fenotipskog“ na „genotipsko“ oplemenjivanje i napredak u pravcu povećanja prinosa šećera i profitabilnosti gajenja šećerne repe u odnosu na šećernu trsku.

## Dostignuća u dosadašnjem oplemenjivanju šećerne repe

Od momenta kada je nemački hemičar Marggraf 1747. godine ustanovio da je šećer iz repe identičan šećeru iz šećerne trske, da se može ekstrahovati i

koristiti u ishrani, započeo je intenzivniji rad na genetici i oplemenjivanju šećerne repe. Veliki napredak u povećanju sadržaja šećera kod šećerne repe nastao je kada je Vilmorin 1850. godine u Francuskoj uveo novu metodu selekcije, test potomstva (progeny test), koja je obuhvatila individualnu analizu korena polarimetrom na sadržaj šećera, proveravajući potomstva u narednim generacijama. Na taj način stvorene su sorte sa oko 13–17% šećera, za koje se smatra da su poslužile kao ishodni materijal za sve do sada stvorene. Stalnim odabiranjem superiornih genotipova, planskom hibridizacijom i rekombinacijama poželjnih osobina, stvorene su prve sortne populacije šećerne repe, koje su po svojim osobinama prevazilazile rodonačelnike iz kojih su nastale.

Do četrdesetih godina prošlog veka u proizvodnji su bile zastupljene višeklične diploidne sorte šećerne repe, koje su u većini slučajeva bile sortne populacije stvarane i održavane metodama masovne i individualne selekcije. Sledeći korak u selekciji je bilo otkriće jednokličnog semena u višekličnim populacijama (Bordonos, 1941; Savitsky, 1950). Uvođenje jednokličnih sorti omogućilo je uvođenje potpune mehanizacije sa minimalnim učešćem ručnog rada. Upravo iz tog razloga jednoklične sorte su brzo prihvaćene od strane proizvodnje, iako u prvo vreme neke od njih kako po proizvodnim tako i po tehnološkim osobinama nisu bile na nivou višekličnih sorti. U Evropi se radilo na stvaranju poliploidnih tzv. anizoploidnih sorti šećerne repe koje su se dobijale ukrštanjem jednokličnih tetraploidnih formi sa diploidnim višekličnim oprašivačima. Autoploidija kod šećerne repe intenzivnije se koristi u oplemenjivanju otkrićem da autotetraploidi kod šećerne repe nisu interesantni za praktično korišćenje, već triploidni hibridi nastali ukrštanjem diploida i tetraploida (Peto i Boyes, 1940).

Otkrićem genetske i citoplazmatsko-nuklearne muške sterilnosti selekcija šećerne repe je usmerena na stvaranje inbred linija i hibrida F1 generacije kod kojih dolazi do pojave heterozisa za pojedina svojstva (Owen, 1945; Owen, 1952). Muška sterilnost koja kombinuje citoplazmatske i nuklearne faktore jedino je podesna za stvaranje hibrida, jer se na ovaj način, uzimajući seme sa majčinskih komponenata, može dobiti 100% hibridno potomstvo.

Primenom različitih metoda selekcije, oplemenjivanjem prema najznačajnijim bolestima i štetočinama šećerne repe: rizomaniji, cercospori, rizoktoniji, nematodama i korišćenjem gena za kontrolu monogermnosti i muške sterilnosti, kreirane su današnje monogermne triploidne i diploidne hibridne sorte koje su u znatnoj meri povećale produktivnost i ekonomičnost gajenja šećerne repe.

### **Očekivanja u oplemenjivanju šećerne repe**

U svakom budućem pogledu, proizvodnja šećera iz šećerne repe mora postati konkurentnija u poređenju sa drugim zaslađivačkim proizvodima, a oplemenjivanje sa tačno definisanim ciljem je jedan od načina kako da se smanje proizvodni troškovi. Na otvorenom svetskom tržištu šećeru iz šećerne repe glavni konkurent je šećer proizveden iz šećerne trske. Iskustva su pokazala da je u podjednakim klimatskim uslovima produktivnost šećerne repe podjednako dobra, ponekad i bolja od produktivnosti šećerne trske, ali su troškovi radne snage mnogo veći u većini područja gde se gaji šećerna repa u poređenju sa onima gde se gaji trska.

Konkurentnost šećerne repe je pod velikim uticajem političkih okolnosti: otvoreno svetsko tržište u poređenju sa zaštićenim Evropskim tržištem. Na zaštićenom Evropskom tržištu, potrošnja šećera će stagnirati zbog vrlo malog rasta humane populacije i promenjenih navika potrošača. Dalje povećanje produktivnosti novih hibrida šećerne repe za posledicu će imati nastavak smanjenja površina i tržišta za proizvodnju semena šećerne repe, što se već desilo u poslednjih 10–15 godina.

Prilike za povećanje površina gajenih pod šećernom repom zavisice od političkih odluka, kao na primer korišćenje repe za proizvodnju etanola, mogućnosti razvoja novih tržišta i prihvatanja genetski modifikovanog useva šećerne repe.

U zavisnosti od mogućih rešenja, buduće aktivnosti oplemenjivača šećerne repe treba da se usredsrede na:

Minimiziranje troškova proizvodnje, redukovanjem neophodnih inputa kao što su đubriva i voda, zatim pesticida i herbicida čime bi se povećala i ekološka vrednost proizvodnje.

Maksimiziranjem proizvodnje šećera po jedinici površine i povećanjem sadržaja šećera u korenu repe kako bi se povećala kompetitivnost sa šećernom trskom i drugim zaslađivačima (Steinrücken, 2005).

Ovi zadaci se mogu ostvariti određivanjem tačnih oplemenjivačkih ciljeva kod šećerne repe i korišćenjem savremenih metoda oplemenjivanja i daljim poboljšavanjem istih.

## Oplemenjivački ciljevi

### **Đubriva i voda**

Potrebu za đubrivima i vodom je moguće redukovati stvaranjem hibrida šećerne repe sposobnih za postizanje prinosa sličnog onom u normalnim uslovima prilikom gajenja na površinama lošijeg kvaliteta. Prirodna genetska varijabilnost za otpornost na sušu i gajenje na zaslanjenim zemljištima već postoji u okviru *Beta germplazme*. Unošenjem gena za toleranost na sušu povećala bi se stabilnost prinosa, iako bi u početku verovatno došlo do smanjenja prinosa. Beta maritima raste na vrlo lakim peskovitim zemljištima gde je količina hraniva niska, što ukazuje da selekcija biljaka koje bi proizvele istu biomasu sa manjom količinom hraniva bila moguća. Redukcija obradivih površina u Evropi i svetu će dovesti do koncentracije gajenja repe na poljima koja nisu optimalno snabdevena vodom i pogodna za njeno uzgajanje, tako da bi ovi hibridi bili u prednosti nad sadašnjim hibridima šećerne repe.

Toleranost na sušu predstavlja prednost pošto buduće klimatske promene podrazumevaju povećanje temperature atmosfere i smanjenje količine padavina pa će stoga voda postati limitirajući faktor.

### **Pesticidi**

Pesticidi se primenjuju kada štetočine i/ili bolesti prouzrokuju ili mogu prouzrokovati smanjenje prinosa. Primena pesticida može se smanjiti ukoliko bi se uneli geni otpornosti prema različitim bolestima i štetočinama šećerne repe. Do sada ima nekoliko uspešnih primera kao što je otpornost prema rizomaniji, cercospori, korenovoj vaši, rizoktoniji. Unošenje otpornosti prema bolestima ima najveći potencijal za smanjenje troškova proizvodnje repe u budućnosti.

Budući napredak u razvoju otpornosti prema različitim bolestima se može očekivati rekombinacijom različitih gena otpornosti, kao i ciljanom selekcijom minor gena odgovornih za otpornost. Primena molekularnih markera u ovoj oblasti je od izuzetnog značaja.

### ***Herbicidi***

Zaštita od korova herbicidima je preduslov uspešnog gajenja šećerne repe. U zavisnosti od brojnosti i vrste semena korova u zemljištu, troškovi primene herbicida imaju značajan udeo u ukupnim troškovima gajenja repe. Gajenjem repe otporne na herbicide gde bi otpornost bila uneta genetskim transformacijama, primena herbicida bila bi olakšana i redukovana. Hibridi šećerne repe otporni na herbicide su stvoreni u svetu i možemo očekivati dalji razvoj novih herbicida i sistema otpornosti u budućnosti.

### ***Prinos šećera***

Povećanje prinosa šećera moglo bi osnažiti alternativno korišćenje šećera i šećernih nusproizvoda za proizvodnju etanola, bioplastike, askorbinske kiseline.

Prosečno godišnje povećanje prinosa kod šećerne repe iznosi oko 1,5%, dva puta više nego kod šećerne trske. Povećanje prinosa šećera zahvaljujući oplemenjivanju iznosi oko 1% godišnje. Nema posebnog teoretskog razloga zašto se ovaj trend ne bi nastavio u narednim godinama, da bi se do kraja XXI veka prinos i udvostručio u odnosu na sadašnji nivo. Neophodna genetska varijabilnost u prvim dekadama XXI veka nalazi se u postojećoj germplazmi. Međutim, da bi se progres u oplemenjivanju na prinos šećera nastavio, biće neophodno da se integriše nova genetska varijabilnost iz srodnih ili nepovezanih genetskih resursa.

### ***Otpornost prema prorastanju***

U slučaju rane setve ili hladnog proleća, visoka tolerantnost prema prorastanju je neophodna. Zahvaljujući kvantitativnoj genetičkoj osnovi otpornosti prema prorastanju, svaki od roditelja budućeg hibrida unosi različite i komplementarne gene. U ograničenim dozama ti geni ne mogu da spreče prorastanje, ali u dvostrukim ili trostrukim dozama (triploidni hibridi) oni daju visoku tolerantnost prema prorastanju, čak i u slučajevima jesenje i zimske setve u području mediterana (Kovačev i sar., 2005).

### ***Smanjenje nečistoće***

Repe sa manjim sadržajem nečistoće su one koje na korenu imaju manju količinu čestica zemljišta. Prijanjanje zemljišta za koren repe se procesom oplemenjivanja može smanjiti za 5 do 30% u poređenju sa trenutnim procesima. Ipak postoji sumnja da li se oplemenjivanje može nositi sa konkurencijom daljeg tehničkog razvoja čišćenja repe direktno na polju tokom i posle vađenja korena.

Tab. 1. Dostignuća oplemenjivačkih ciljeva klasičnim metodama oplemenjivanja i primenom MAS i transfera gena

Tab. 1. Achievement of breeding targets with classical breeding techniques and with MAS and gene transfer

Cilj	Dostignuća primenom metoda klasičnog oplemenjivanja	Dostignuća primenom MAS i transferom gena
Prinos korena	1% godišnje	10–50% (jedna inovacija)
Adaptabilnost na stresne uslove	Rekombinacija postojeće genetske varijacije	Različita rešenja za različite stresne uslove, primenjivo, prvi rezultati na drugim vrstama su dostupni (Lehr i sar., 1999; Bajaj i sar., 1999)
Smanjenje sadržaja nečistoće	Rekombinacija postojeće genetske varijacije	Nema dostupnih rešenja
Sadržaj šećera	1% godišnje, očekivana fiziološka granica	Modifikacija metabolizma šećera (Tang i Sturm, 1999; Häusler i sar., 2002)
Ostali šećeri i zaslađivači	Nema dostupnih rešenja	Modifikacija metabolizma šećera (Börnke i sar., 2002)
Nova proizvodna svojstva	Nema dostupnih rešenja	Trenutno nedostupno, ali teoretski moguće
Nešećeri	1% godišnje, očekivana fiziološka granica	Modifikacija metabolizma šećera
Otpornost prema prorastanju	Postignuta visoka ekspresija	Modifikacija metabolizma vernalizacije (Simpson i sar., 1999; Levy i sar., 2002)
Otpornost prema rizomaniji	Rekombinacija postojeće genetske varijacije	Realizovana različitim tehnikama (Lauber i sar., 2001)
Otpornost prema cercospori	Rekombinacija postojeće genetske varijacije	Trenutno nedostupno, ali teoretski moguće (Kuykendall i sar., 2002)
Otpornost prema pepelnici	Rekombinacija postojeće genetske varijacije	Trenutno nedostupno, ali teoretski moguće
Otpornost prema plamenjači	Rekombinacija postojeće genetske varijacije	Trenutno nedostupno, ali teoretski moguće
Otpornost prema rizoktoniji	Rekombinacija postojeće genetske varijacije	Trenutno nedostupno, ali teoretski moguće
Otpornost prema fuzariumu	Rekombinacija postojeće genetske varijacije	Trenutno nedostupno, ali teoretski moguće
Otpornost prema virusu kovrdžavosti	Rekombinacija postojeće genetske varijacije	Trenutno nedostupno, ali teoretski moguće
Otpornost prema korenovoj vaši	Rekombinacija postojeće genetske varijacije	Trenutno nedostupno, ali teoretski moguće
Otpornost prema nematodama	Rekombinacija postojeće genetske varijacije	Trenutno nedostupno, ali teoretski moguće
Otpornost prema herbicidima	Nema dostupnih rešenja	Rešenja dostupna

## **Novi proizvodi**

Stvaranje novih svojstava koja bi rezultovala novim proizvodima je oduvek bio san biotehnologa. Fruktaza i biorazgradiva plastika (Nonato i sar., 2002) su bila predmet istraživanja u naučnim projektima. Ipak, mogućnost dobijanja novih proizvoda iz šećerne repe u skorij budućnosti je još uvek relativno mala. Istovremeno postoji rizik da će druge kulture na primer kukuruz i krompir, pomoću genetskih modifikacija proizvoditi šećer umesto skroba i na taj način postati konkurencija šećernoj repi.

Pored stvaranja novih osobina usev se može modifikovati za potpuno drugu primenu. Gen koji usvaja toksične teške metale iz zemljišta i skladišti ih u lišće je već identifikovan (Thomine i sar., 2000). Unošenjem ovog gena u biljke repe usev bi mogao biti korišten za detoksifikaciju zemljišta, dok bi uporedo proizvodio šećer.

## **Metode oplemenjivanja**

Oplemenjivanje je cikličan proces stvaranja genetske varijabilnosti, a zatim sužavanja genetske varijabilnosti odabiranjem superiornih novih kombinacija gena. Poslednjih godina metode oplemenjivanja su podvrgnuti značajnim promenama:

Izolacija gena i tehnologija transformacije gena su se utemeljile kao nove metode stvaranja genetske varijabilnosti,

Tehnologije mapiranja genoma i gena kao i marker asistirana selekcija (MAS) su omogućile identifikaciju određenih individua (genotipova) ili gena u genomu.

## **Dostignuća i izazovi za oplemenjivače šećerne repe Instituta za ratarstvo i povrtarstvo**

U godini kada Odeljenje za šećernu repu slavi 50 godina postojanja, Institut za ratarstvo i povrtarstvo može s ponosom istaći rezultate rada oplemenjivača šećerne repe, a to su 50 priznatih sorti šećerne repe (33 u zemlji i 17 u inostranstvu). Uprkos brojnim promenama u genetskoj konstituciji gajenih sorti u drugoj polovini XX veka Odeljenje za šećernu repu je održalo korak sa svetskim semenskim kućama. Međunarodna aktivnost, prvenstveno razmena selekcionog materijala sa vodećim svetskim kompanijama i usavršavanja naših naučnika u inostranstvu su doprineli uspehu u ovih 50 godina.

Pred odeljenjem za šećernu repu su novi izazovi: primena novih metoda oplemenjivanja koje bi pomogle u bržem stvaranju još boljih hibridnih sorata; stvaranje genotipova tolerantnih prema suši; stvaranje genotipova sa većim brojem gena otpornosti i tolerantnosti prema bolestima i štetočinama (rizomanija, cirkospora, nematode, korenova vaš, rizoktonija); genotipova izmenjenog oblika korena koji bi imali manji udeo nečistoće; nastavak međunarodne saradnje i daljeg usavršavanja naučnika u inostranstvu.

## **Zaključak**

Budućnost gajenja šećerne repe u narednom periodu zavisice u velikoj meri od političkih odluka, prvenstveno određivanja kvota u EU, zatim prona-

laženja novih tržišta, povećanja konkurentnosti u odnosu na šećernu trsku i stvaranja novih proizvoda koji bi se dobijali od šećerne repe.

Buduće aktivnosti oplemenjivača šećerne repe treba da se usredsrede na tačno definisane ciljeve, jer je to jedan od načina kako da se smanje troškovi proizvodnje šećerne repe, a samim tim poveća konkurentnost u odnosu na šećernu trsku.

## Literatura

- Bajaj, S., Tagolli, J., Liu, L. F., Ho, T. H. D. and Wu, R. (1999): Transgenic approaches to increase dehydration-stress tolerance in plants. *Molec. Breed.* 5: 493-503.
- Bordonos, M. G. (1941): Unilocular monogerm types of sugar beet. *Proc. Lenin All Union Acad. Agric. Sci.* N 11, 3-4.
- Börnke, F., Hajirezaei, M., Heinike, D., Melzer, M., Herbers, K. and Sonnewald, U. (2002): High-level production of the non-cariogenic sucrose isomer in transgenic tobacco plants strongly impairs development. *Planta* 214: 356-364.
- Häusler, R. E., Hirsch, H. J., Kreuzaler, F. and Peterhansel, C. (2002): Overexpression of C4-cycle enzymes in transgenic C3 plants: a biotechnological approach to improve C3-photosynthesis. *J. Exper. Bot.* 53: 591-607.
- Fischer, H. E. (1989): Origin of the "Weisse Schlesische Rude" (white Silesian beet) and re-synthesis of sugar beet. *Euphytica* 41, 75-80.
- Kovačev, L., Čačić, N., Mezei, Snežana, i Nagl, Nevena (2005): Značaj genetike, oplemenjivanja i genetičkog inženjeringa u povećanju potencijala rodnosti kod šećerne repe i produktivnost NS hibridnih sorti. *Zbornik radova Naučnog instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad* 41: 35-50.
- Kuykendall, L. D., Stockett, T. M. and Saunders, J. W. (2002): Transformation of sugar beet with a *Cercosporin* export gene. *Proc. Meet. Amer. Phytopath. Soc.*, July 27-31 2002. Milwaukee, WI, 43.
- Lauber, E., Janssens, L. and Weyens, G. (2001): Rapid screening for dominant negative mutations in the beet necrotic yellow vein virus triple gene block proteins P13 and P15 using a viral replication. *Transg. Res.* 10: 293-302.
- Lehr, A., Kirsch, M., Viereck, R., Schiemann, J. and Rausch, T. (1999): cDNA and genomic cloning of sugar beet V-type H<sup>+</sup>-ATPase subunit A and c isoforms: evidence for coordinate expression during plant development and coordinate induction in response to high salinity. *Plant Molec. Biol.* 39: 463-475.
- Levy, Y. Y., Mesnage, S., Mylne, J. S., Gendall, A. R. and Dean, C. (2002): Multiple roles of *Arabidopsis* VRN1 in vernalization and flowering time control. *Science* 297: 243-246.
- Nonato, R. V., Mantelatto, P. E. and Rossell, C. E. V. (2001): Integrated production of biodegradable plastic, sugar and ethanol. *Appl. Microbiol. Biot.* 57: 1-5.
- Owen, F. V. (1945): Cytoplasmically inherited male-sterility in sugar beets. *J. Agr. Res.* 71: 423-440.
- Owen, F. V. (1952): Mendelian male sterility in sugar beets. *Proc. Am. Soc. Sugar Beet Technol.* 7: 371-376.
- Peto, F. H. and Boyes, J. W. (1940): Comparison of diploid and triploid sugar beets. *Canad. J. Res.* 18: 273-282.
- Savitsky, V. F. (1950): Monogerm sugar beets in the United States. *Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Techn.*, 6, 156.
- Simpson, G. C., Gendall, A. R. and Dean, C. (1999): When to switch to flowering. *Ann. Rev. Cell. Dev. Biol.* 99: 519-550.
- Steinrücken, G. (2005): Prospects in Sugar Beet Breeding, U: Genetics and Breeding of Sugar Beet, (ured.) Biancardi, B., Campbell, L., De Biaggi, M., Skaracis, G. N., Science Publishers Inc., Enfield, NH, USA, 309-323.
- Tang, G. Q. and Sturm, A. (1999): Antisense repression of sucrose synthase in carrot (*Daucus Carota* L.) affects growth rather than sucrose partitioning. *Plant. Molec. Biol.* 41: 465-479.

Thomine, S., Wang, R., Ward, J. M., Crawford, N. M. and Schroeder, J. I. (2000): Cadmium and iron transport by members of a plant metal transporter family in Arabidopsis with homology to Nramp genes. Proc. Natl Acad. Sci. USA: 397: 4991-4996.

## ACHIEVEMENTS AND PROSPECTS IN SUGAR BEET BREEDING

*Živko Ćurčić, Lazar Kovačev, Dario Danojević, Nevena Nagl, Nikola Čačić*

Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad

**Summary:** Although sugar beet has been grown for only 250 years or so, breeding directions in this plant have changed more than in any other crop. Many type of changes occurred because of the influence of growers, consumers or pathogens that brought about a decrease in sugar beet growing areas. Work on sugar beet breeding at the Institute of Field and Vegetable Crops in Novi Sad began in 1939. The main goal of the sugar beet breeding program is to develop hybrids with high sugar yields tolerant to the prevalent pathogens and stress. During the last fifty years of intensive work at the Institute's Sugar Beet Department, 33 varieties of this crop have been registered in Serbia and 17 abroad.

**Key words:** achievement, breeding, prospect, genetics, sugar beet