

DOSTIGNUĆA U OPLEMENJIVANJU NS HIBRIDA ULJANE REPICE

Ana Marjanović Jeromela^{1*}, Jovanka Atlagić¹, Danijela Stojanović²,
Sreten Terzić¹, Petar Mitrović¹, Željko Milovac¹, Dragan Dedić²

Izvod

Porast proizvodnje uljane repice (*Brassica napus* L.) evidentan je u svetskim razmerama, a poslednje decenije i u Srbiji. Uljana repica se koristi prvenstveno za dobijanje ulja za ishranu i prerađivačku industriju, ali i kao izvor proteina za ishranu domaćih životinja i zeleniše đubrivo. Nakon gajenja sorti počelo se 90-ih godina prošlog veka sa oplemenjivanjem i gajenjem hibrida uljane repice, kako bi se iskoristio efekat heterozisa u F1 generaciji, uz istovremenu zaštitu prava oplemenjivača prilikom prometa semena. U oplemenjivanju hibrida uljane repice neophodno je u kvalitetan početni materijal (linije dobrih kombinacionih sposobnosti) uneti svojstvo muške sterilnosti. U Institutu za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad koristi se prvenstveno Ogura sistem sterilnosti. Korišćenje ovog sistema obuhvata unošenje citoplazmatske muške sterilnosti (cms linije majke) i gena za restauraciju fertiliteta (Rf linije oca). Da bi se sterilnost linije majke održala neophodno je proizvesti i liniju održivača citoplazmatske muške sterilnosti. Prilikom stvaranja ovih linija, hibrida i u semenskoj proizvodnji u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo intenzivno i vrlo uspešno su korišćene citogenetske laboratorijske metode. Analizirana je građa i vitalnost polena, kao i različite faze tokom mejoze i utvrđena stabilnost svojstava prilikom unošenja ovih gena u različite linije.

U oplemenjivanju uljane repice u Srbiji postignuti su značajni rezultati kroz saradnju istraživača koji se bave genetikom i oplemenjivanjem ove biljne vrste. Do sada je pored 12 sorti ozime i dve sorte jare repice u Srbiji registrovan hibrid ozime uljane repice NS Ras. NS Ras je ranostasni hibrid koji se odlikuje visokim prinosom zrna i ulja. Prosečan prinos u dve sezone za tri lokaliteta je bio 4256 kg ha⁻¹ semena i 1704 kg ha⁻¹ ulja. Još tri perspektivna ozima hibrida uljane repice nalaze se u postupku registracije u republici Srbiji i jedan u EU. U rešavanju mnogih izazova u oplemenjivanju, prvenstveno otpornosti na biotski i abiotski stres, pored klasičnog oplemenjivanja neophodno je primeniti, citogenetske i molekularne analize za povećanje efikasnosti oplemenjivanja uljane repice.

Ključne reči: *Brassica napus* L., citogenetika, hibrid, oplemenjivanje, uljana repica

Originalni naučni rad (Original scientific paper)

¹ Marjanović Jeromela A., Atlagić J., Terzić S., Mitrović P., Milovac Ž., Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Maksima Gorkog 30, 21000 Novi Sad.

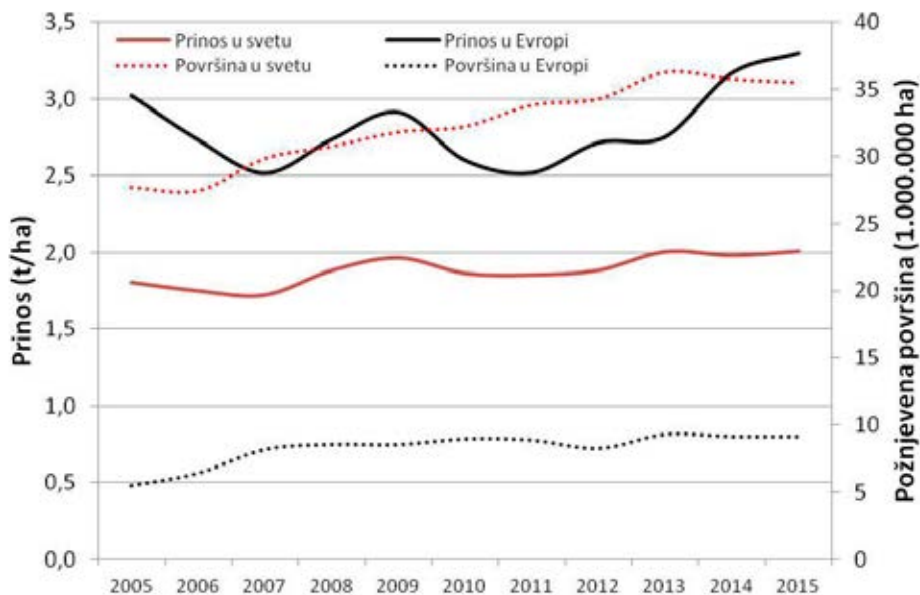
² Stojanović D., Dedić D., Odeljenje za priznavanje sorti, Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine, Omladinskih brigada 1, SIV 3, 11070 Novi Beograd, Srbija

*e-mail: ana.jeromela@ifvcns.ns.ac.rs

Uvod

Uljana repica (*Brassica napus* L.) je najvažniji izvor biljnog ulja u Evropi, u druga po značaju u svetskim

razmerama, sa proizvodnjom na preko 35 miliona hektara (<http://faostat.fao.org/>), (Graf 1).

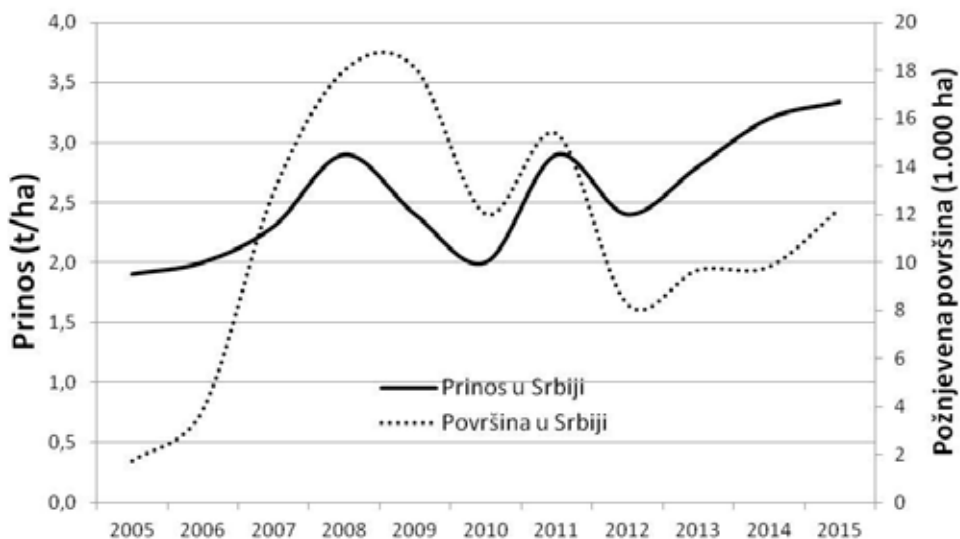


Grafikon 1. Proizvodnja uljane repice u svetu u poslednjih 10 godina (FAOSTAT)

Figure 1. Rapeseed production in the last 10 years in the world (FAOSTAT)

U Srbiji se takođe beleži porast proizvodnih površina i prinosa uljane repice poslednjih godina (Graf 2). Variranja u površinama i prinosisima u Srbiji su posledica promenljivih vremenskih uslova, koji u vreme pripreme za setvu i setve uljane repice (avgust i septembar) mogu da otežaju izvođenje neophodnih agrotehničkih operacija, kao i ravnomerno klijanje i nicanje. Pored toga, pojava golomrazice, hladnih vetrova bez snežnog pokrivača, može dovesti do izmrzavanja manje otpornih sorti. Poslednjih nekoliko godina, nabavkom savremene poljoprivredne opreme, adekvatnog sortimenta i regulisanjem tržišta merkantilnog semena uljane repice, poljoprivredni proizvođači se

vraćaju gajenju ove biljne vrste. Pored relativno visoke i stabilne cene, koja je verovatno i presudni faktor u odluci proizvođača da na svojim njivama zaseju uljanu repicu (Popović i sar., 2016), uljana repica ima još niz osobina koje potenciraju njenu proizvodnju (Crnobarac i sar., 2013). Koristi se za proizvodnju ulja odličnog kvaliteta (canola tip), za ishranu ljudi, prerađivačku industriju (Lin et al., 2013) i dobijanje proteinskih komponenata za ishranu domaćih životinja. Korišćenje uljane repice kao zelenišnog đubriva je preporučeno i u organskoj poljoprivredi i kao komponenta u združenim usevima (Antanasović et al., 2012; Mikić et al., 2015).



Grafikon 2. *Proizvodnja uljane repice u Srbiji u poslednjih 10 godina (Zavod za statistiku Republike Srbije)*
 Figure 2. *Rapeseed production in the last 10 years in Serbia (Statistical Office of the Republic of Serbia)*

Prve sorte uljane repice selekcionisane su početkom prošlog veka. Te sorte su bile u tipu "++", visokog sadržaja eruka kiseline i glukozinolata. Sa širenjem površina pod uljanom repicom, naročito nakon Drugog svetskog rata, intenzivira se i rad na oplemenjivanju ove biljne vrste. U poslednjim decenijama oplemenjivanje uljane repice je rezultiralo i u značajnom povećanju prinosa, posebno nakon intenziviranja hibridnih oplemenjivačkih programa. Kod F_1 hibrida uljane repice koristi se efekat heterozisa za agronomski važna svojstva (Friedt and Snowden, 2009). Prelazak sa setve sorti na hibride evidentan je u svim proizvodnim područjima uljane repice. U Kanadi, drugoj zemlji u svetu po proizvodnji uljane repice, na 85% površine pod uljanom repicom zasejane su hibridnim sortama (Brewin and Malla, 2012). Setva hibridnih sorti podrazumeva da proizvođači moraju za svaku setvu da kupuju

novu F_1 hibridno seme, čime se prodaja semena značajno povećava, a time i profit selekcionih kuća. Na taj način obezbeđuju se dodatna sredstva koja se ulažu u razvoj novih tehnologija i metoda u oplemenjivanju za stvaranje perspektivnijih i produktivnijih hibrida.

U Institutu za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, intenzivniji rad na oplemenjivanju uljane repice započeo je 1984. godine (Marinković i Marjanović Jeromela, 2006). Za oplemenjivanje hibrida pored poznavanja sistema stranooplodnje, neophodna je i odgovarajuća početna populacija. Iz odabranog početnog materijala dobijaju se roditeljske linije visoke kombinacione sposobnosti (Marjanović Jeromela i sar., 2007). Hibridi predstavljaju specifične kombinacije izabranih roditelja i omogućavaju realizaciju određenih zahteva u gajenju uljane repice, a to se prvenstveno odnosi na rezistentnost na patogene i svojstva

kvaliteta. Proizvodnja hibridnog semena je zahtevnija i skuplja od proizvodnje semena sorti. Međutim, potrebe tržišta i prerađivačke industrije usloville su razvoj i oplemenjivačkog programa hibrida na uljanoj repici. Roditelji hibrida (inbred linije) se biraju na osnovu većeg broja svojstava kvaliteta semena i ulja i rezistentnosti na patogene i stres, ali i prinosa semena u samooplodnji. Nagli razvoj hibridnih sorata započeo je uvođenjem i iskorišćavanjem citoplazmatske muške sterilnosti (cms) kod uljane repice.

Stvaranje hibrida uljane repice podrazumeva korišćenje postojećih ili iznalaženje novih tipova cms-a i Rf gena, kao i njihovo prenošenje u genotipove koji sadrže poželjne gena za agronomski važna svojstva. U postupku stvaranja hibrida uljane repice koriste se citogenetska istraživanja za analizu cms-a i restauracije fertiliteta (Atlagić et al., 2010).

Cilj rada je da prikaže postupak stvaranja prvih hibrida uljane repice u Srbiji, kao i izbor i primena odgovarajućih citogenetskih metoda u svrhu izbora stabilnih cms izvora. Prikazane su osobine prvog domaćeg registrovanog hibrida NS Ras.

Materijal i metode

Selekcionni program stvaranja hibrida uljane repice u Institutu zasnovan je na iskorišćavanju prvenstveno Ogura cms sistema. Ovaj sistem je unesen u nekoliko desetina inbred linija koje su stvorene u Institutu iz sorata i F₂ generacija proizvedenih ukrštanjem različitih sorti (Marinković i Marjanović Jeromela, 2006; Marjanović Jeromela i sar., 2008; Marjanović Jeromela i sar., 2016a). MSL sistem sterilnosti je u vlasništvu privatne oplemenjivačke kompanije NPZ (Norddeutsche Pflanzenzucht Hans-Georg Lembke KG) i njegovo korišćenje u proizvodnji komercijalnih hibrida nije dozvoljeno drugim

oplemenjivačkim kompanijama.

Materijal korišćen za citogenetske analize je obuhvatao: potomstva iz samooplodnje biljaka hibrida uljane repice; inbred linije u koju su uneti različiti tipovi cms-a (Ogura i MSL sistem); restorer linije; potomstva iz povratnih ukrštanja između izdvojenih sterilnih linija i sorti održivača, kao i izdvojenih restorer linija i održivača; ukrštanja cms i Rf linija, odabranih roditeljskih parova za eksperimentalne hibride.

Za analizu razvijenosti antera korišćen je mikroskopski pregled prašnika u cilju detektovanja prisustva, odnosno odsustva polena. Za analizu vitalnosti polena korišćen je bojeni metod po Alexandru (Atlagić et al., 2012). Analiza mejoze – mikrosporogeneze je izvršena acetokarmin metodom (Atlagić et al., 2010).

Citogenetske metode se koriste i nakon unošenja cms i Rf gena u linije, kao i semenskoj proizvodnji, prilikom provere sterilnosti, odnosno fertiliteta kod biljaka kod kojih to nije moguće učiniti običnim vizuelnim pregledom.

Ispitivanje proizvodnih karakteristika hibrida u postupku registracije vrši se prema metodici Komisije za priznavanje sorti uljanih biljaka Ministarstva poljoprivrede i zaštite životne sredine (Stojanović i sar., 2016). Hibrid NS Ras čije su proizvodne osobine ispitane u ovom radu, nastao je ukrštanjem linija majke AK 60 i linije oca Rfr. Održivač sterilnosti linije majke je linija AF 60. Sve linije su rezultat oplemenjivačkog programa ožime uljane repice u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.

Rezultati i diskusija

Najvažniji ciljevi oplemenjivanja uljane repice su povećanje prinosa zrna i sadržaja ulja u zrnu. Prinos semena je složeno svojstvo i nastaje kao rezultat vrednosti pojedinih

komponenti prinosa (broj biljaka po jedinici površine, broj ljuski po biljci, masa semena). Sva kvantitativna svojstva uslovljena su genetičkim potencijalom sorte i njihovom ekspresijom u određenim agroekološkim uslovima. Između pojedinih komponenti prinosa postoji izražena negativna međuzavisnost, kao i veliki uticaj uslova spoljašnje sredine (Marinković i sar., 2003, Marinković i Marjanović Jeromela, 2004) što otežava proces oplemenjivanja.

U procesu stvaranja roditeljskih komponenti hibrida NS Ras, svojstvo cms-a i restauracije fertilitnosti je analizirano na osnovu morfoloških razlika u građi cveta, razvijenosti antera i produkciji polena kod muško fertilitnih i muško sterilnih biljaka, oceni vitalnosti polena, kao i na osnovu pravilnosti toka pojedinih faza mejoze – mikrosporogeneze. Kod muško fertilitnog cveta su bile dobro razvijene antere

(Sl. 1a) sa dobrom produkcijom vitalnog polena (Sl. 2a), dok su kod muško sterilnih cvetova antere bile slabo razvijene (Sl. 1b), najčešće prazne, samo ponekad su sadržavale malu količinu deformisanih, sterilnih polenovih zrna (Sl. 2b). Kod muško fertilitnih cvetova (linija gde je unet gen za restauraciju muške sterilnosti) mejoza se odvijala normalno kroz sve faze, kao i kroz postmejozsko deljenje do formiranja vitalnih polenovih zrna. Kod muško sterilnih cvetova mejoza je u najvećem broju slučajeva proticala normalno (broj mejozita u deobi je bio znatno manji nego kod muške fertilitnih biljaka), ali je postmejozsko deljenje izostajalo. Najčešće je prekid nastajao u fazi tetrađa (Sl. 3a), a samo ponekad su zabeležene deformisane mikrospore ili sterilna polenova zrna (Sl. 3b).

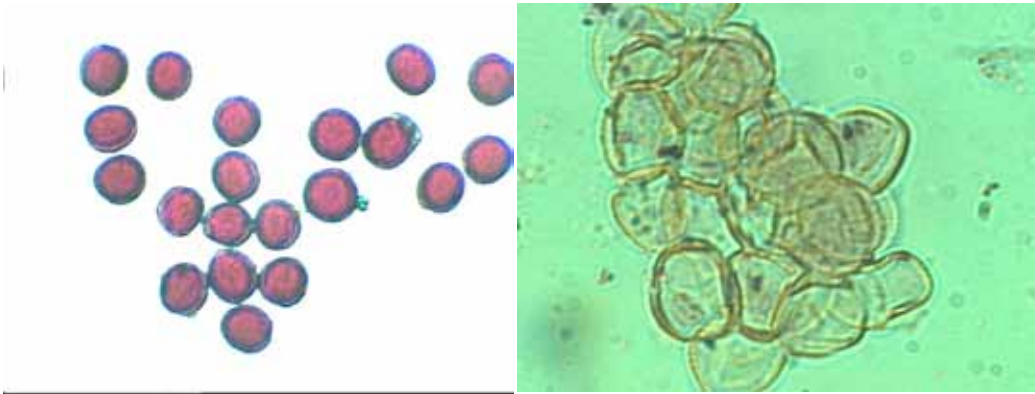


Fotografija 1. Razvijenost antera: a) Muško fertilitni cvet; b) muško sterilni cvet
Photo 1. Development of anthers: a) Male fertile flower; b) Male sterile flower

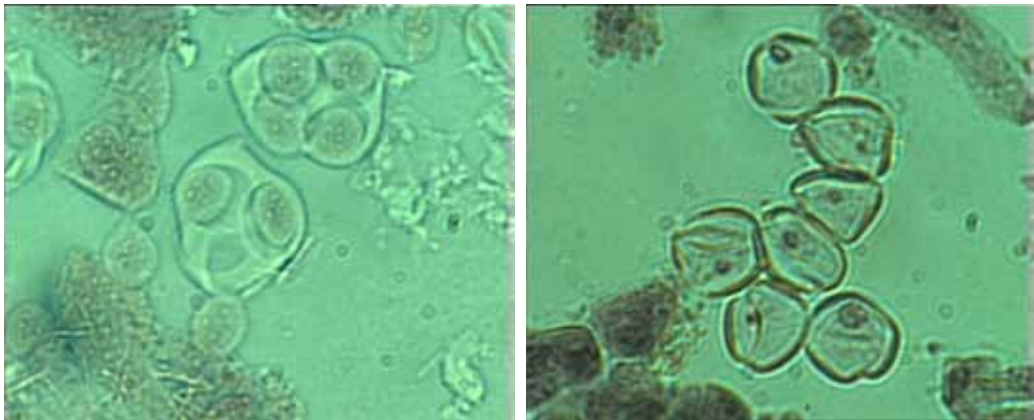
S obzirom na to da je korišćena citoplazmatska muška sterilnost kod uljane repice najčešće aloplazmatska, a i da su korišćeni različiti sistemi cms-a (Ogura, MSL) svojstvo cms-a je često bilo nestabilno. Za proveru stabilnosti su korišćene citogenetske metode i dobijeni su rezultati slični rezultatima

navedenim u ovom radu (Atlagić et al., 2003; Atlagić et al., 2007).

Kod restauracije fertilitnosti velika teškoća je bila u tome da je svojstvo restauracije bilo vezano za gen za kontrolu visokog sadržaja glukozinolata (Yang et al., 1999). Razvojem restorer linija sa redukovanim sadržajem



Fotografija 2. Polenova zrna: a) Vitalna (muško fertilni cvet); b) Deformisana – sterilna (muško sterilni cvet)
Photo 2. Pollen grains: a) Vital (male fertile flower); b) Deformed - sterile (male sterile flower)



Fotografija 3. Prekid mejoze – mikrosporogeneze kod muško sterilnih cvetova: a) Tetrade; b) Deformisane mikrospore
Photo 3. Termination of meiosis – microsporogenesis in male sterile flowers: a) Tetrads; b) Deformed microspores

glukozinolata (Delourme i sar., 1999), omogućen je razvoj potpuno fertilnih hibrida zasnovanih na ovom tipu sterilnosti. Dalje poboljšanje Ogura tipa sterilnosti ostvareno je unošenjem otpornosti prema *Leptosphaeria*

maculans (Delourme i sar., 2003).

Hibridne kombinacije nastale iz ukrštanja perspektivnih cms linija sa restorer linijama bile su posejane u mikroogledima gde se proveravaju i njihove kombinacione

sposobnosti za najvažnija kvantitativna svojstva. Na osnovu ispoljenog procenta heterozisa, pre svega za prinos i sadržaj ulja u zrnu, određene su hibridne kombinacije koje su poslate u komisije za ispitivanje i registraciju u Srbiji i drugim državama.

Prvi naš domaći hibrid ozime uljane repice NS Ras, registrovan 2015. godine, nakon proizvodnje semena roditeljskih linija i F_1 hibridnog semena, biće uveden u komercijalnu proizvodnju 2017. On ima brži tempo rasta u ranijim fazama razvoja useva, što u proizvodnji omogućava i nešto kasniju setvu, odnosno više vremena za kvalitetnu pripremu zemljišta. Hibrid je nešto bujniji u odnosu na sorte, stvara više suve materije, posebno nakon cvetanja, što se odražava i na veći prinos semena. Takođe, odlično podnosi klimatski stresne uslove (niske temperature, sušni period) i veoma je adaptibilan (Marjanović Jeromela et al., 2016a). Na osnovu rezultata ispitivanja u ogleđima Komisije za priznavanje sorti na tri lokaliteta, u dve vegetacione sezone, uočava se da je hibrid NS Ras imao viši prinos i zrna i ulja u odnosu na hibrid Triangl koji je standard u Komisiji za priznavanje sorti (prosečan prinos u dvogodišnjim mikroogleđima na tri lokaliteta iznosio je 4.256 kg ha⁻¹). Kvalitet (sadržaj eruka kiseline i glukozinolata) i otpornost na proukovače bolesti je na nivou standarda (Tabela 1b, 1c).

Poslednjih godina i u Srbiji je počelo gajenje Clearfield hibrida uljane repice (Marjanović Jeromela i sar., 2016b) baziranih na postojanju gena otpornosti prema herbicidima iz grupe imidazolinona. Kako je izvor otpornosti dobijen indukovanim mutacijama, oni nisu rezultat primene tehnologije genetskih modifikacija. U Institutu za ratarstvo i povrtarstvo se počelo i sa stvaranjem ove grupe hibrida uljane repice.

Eksperimentalni NS hibridi ispituju se u multilokacijskim ogleđima, gde se upoređuju sa sortama i hibridima iz drugih oplemenjivačkih centara, a čije se seme nalazi na tržištu Srbije. Još tri nova NS hibrida ozime uljane repice, odabrana nakon analize rezultata iz ovih ogleđima, nalaze se u postupku registracije. Jednogodišnji rezultati, koji će biti objavljeni nakon završetka postupka registracije, pokazuju da su materijal i metode za stvaranje NS hibrida ispravno izabrani i da su to hibridi adekvatni za gajenje u regionu jugoistočne Evrope.

Kako bi se postupak oplemenjivanja ubrzao i olakšao, s obzirom na istovremeno oplemenjivanje na veliki broj svojstava koja mogu biti u negativnoj korelaciji (Marjanović Jeromela et al., 2011), pored klasičnih i citogenetskih metoda, u oplemenjivački program NS hibrida uljane repice uključene su i metode molekularne biologije (Dimitrijević, 2015).

Tabela 1. Proizvodne karakteristike hibrida ozime uljane repice NS Ras u ogledima Komisije za priznavanje sorti
 Table 1. Yield characteristics of winter oilseed rape hybrid NS Ras in State Variety Commission trials

a) Prinos semena i ulja

a) Seed and oil yield

Lokalitet	Godina	Prinos semena - 9% vlage (kg ha ⁻¹)		Sadržaj vlage (%)		Sadržaj ulja (%)		Prinos ulja (kg ha ⁻¹)	
		NS Ras	Triangle	NS Ras	Triangle	NS Ras	Triangle	NS Ras	Triangle
Novi Sad	2013/14	4840	3691	7,11	6,73	44,60	42,70	1964	1434
	2014/15	4007	3547	5,55	5,36	46,60	46,80	1699	1511
	x	4423	3619	6,33	6,04	45,60	44,75	1835	1474
Pančevo	2013/14	3658	4078	8,40	8,83	44,60	43,40	1485	1611
	2013/14	5035	5091	7,55	7,43	44,30	44,30	2008	2052
Sombor	2014/15	3743	3935	10,75	9,38	45,90	46,00	1480	1647
	x	4390	4513	9,15	8,40	45,10	45,15	1586	1854
	2013/14	4511	4286	7,69	7,66	44,50	43,47	1819	1695
x	2014/15	3775	3741	8,15	7,37	46,25	46,40	1589	1580
	x (2013/14-2014/15)	4256	4068	7,87	7,54	45,20	44,64	1704	1653
d	0,05	322							
	0,01	381							
Cv		9,21							

b) Sadržaj eruka kiselina i glukozinolata

b) The content of erucic acid and glucosinolates

Godina	Sadržaj eruka* kiselina (%)		Sadržaj glukozinolata**	
	NS Ras	Triangle	NS Ras	Triangle
2013/14.	0,84	0,02	11,34	13,07
2014/15.	0,80	0,04	20,71	12,23
x	0,82	0,03	16,03	12,65

*Sadržaj eruka kiselina određen je pre setve

**Sadržaj glukozinolata dat je u $\mu\text{mol g}^{-1}$ suve materije

c) Visina biljke, pucanje ljuske i otpornost prema bolestima

c) Plant height, pod shattering, and disease resistance

Lokalitet	Godina	Visina biljke		Pucanje ljuske (1-9)		Bolesti					
						Bela trulež (1-9)		Tamnomrka pegavost (1-9)		Suva trulež (1-9)	
		NS Ras	Triangle	NS Ras	Triangle	NS Ras	Triangle	NS Ras	Triangle	NS Ras	Triangle
Novi Sad	2013/14	197,5	196,4	1	1	1	1	1	1	1	1
	2014/15	165,2	162,4	1	1	1	1	1	1	1	1
	x	181,3	179,4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Pančevo	2013/14	184,0	165,0	2	1	1	1	1	1	1	1
	2013/14	169,0	168,8			0	0	0	0	0	0
Sombor	2014/15	169,8	169,0					1	2		
	x	169,4	168,9			0,0	0,0	0,6	0,8	0,0	0,0
	x (2013/14-2014/15)	177,1	172,3	1,33	1,00	0,75	0,75	0,85	0,90	0,75	0,75

Zaključak

Prikazani rezultati, dobijeni na osnovu citogenetskih analiza cms-a i restauracije fertilnosti uljane repice, ukazuju na neophodnost njihove primene kao preciznije ocene u odnosu na fenotipizaciju u polju. Primenjene metode oplemenjivanja rezultirale su stvaranjem prvog srpskog hibrida uljane repice NS Ras, a nekoliko novih hibrida nalaze se u različitim fazama ispitivanja. Pored primenjenih metoda u cilju brže i preciznije detekcije gena za ova važna svojstva, neophodno je koristiti metode molekularnih markera. Primenom savremenih tehnologija ubrzava se proces stvaranja rodnijih hibrida uljane repice, a time i unapređenje sistema proizvodnje uljane repice u Srbiji.

Zahvalnica

Rad je nastao kao rezultat projekta „Razvoj novih sorti i poboljšanje tehnologije proizvodnje uljanih biljnih vrsta za različite namene“ (TR 31025), finansiranog od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

Literatura

- Antanasović S, Čupina B, Krstić Đ, Manojlović M, Čabilovski R, Marjanović-Jeromela A, Mikić A (2012): Potential of autumn-sown rapeseed (*Brassica napus*) as a green manure crop. *Cruciferae Newsletter*, 31: 26-28.
- Atlagić J, Marjanović-Jeromela A, Marinković R, Škorić D (2003): Cytogenetic study of CMS in rapeseed genotypes at the Novi Sad breeding center. *Proceedings of the 11th International Rapeseed Congress*, 6-10 July 2003, Copenhagen, Denmark, 336-339.
- Atlagić J, Marjanović-Jeromela A, Marinković R, Terzić S (2007): Cytogenetic studies of cytoplasmatic male sterility in rapeseed. *Proceedings of the 12th International Rapeseed Congress*, March 26-30, Wuhan, China, I: 66-70.
- Atlagić J, Terzić S, Marjanović-Jeromela A, Marinković R (2010): Značaj citogenetskih istraživanja u oplemenjivanju suncokreta i uljane repice. *Ratar. Povrt.* 47(2): 425-434.
- Atlagić J, Terzić S, Marjanović-Jeromela A (2012): Staining and fluorescent microscopy methods for pollen viability determination in sunflower and other plant species. *Industrial Crops & Products*, 35: 88-91.
- Brewin DG, Malla S (2012): The Consequences of Biotechnology: A Broad View of the Changes in the Canadian Canola Sector, 1969 to 2012, *AgBioForum*, 15(3): 257-275.
- Crnobarac J, Marinković R, Dušanić N, Balalić I (2013). Specifičnosti u gajenju uljane repice. *Zbornik referata*, 47. Savetovanje agronoma Srbije, 73-79.
- Delourme R, Eber F, Renard M (1999): Breeding double low rapeseed lines in rapeseed (*Brassica napus* L.). *Proc. 10th Int. Rapeseed Congress*, Canberra, Australia. Dostupno na: www.regional.org.au/au/gcirc
- Delourme R, Pilet-Nayel M, Arrichipiano M, Horvais R, Balesdent M, Rouxel T, Brun H, Eber F, Renard M (2003): Mapping specific resistance genes to *Leptosphaeria maculans* in rapeseed (*Brassica napus* L.). *Proc. 11th Int. Rapeseed Congress*, Vol I: 102-104. 6-10 July 2003. Copenhagen, Denmark.
- Dimitrijević A., Imerovski I, Miladinović D, Terzić S, Marjanović-Jeromela A,

- Marinković R (2015): Marker assisted selection of Ogu-INRA cms system in NS rapeseed. 14th International Rapeseed Conference. Canola Council of Canada, International Consultative Group for Research on Rapeseed (GCIRC) and Ag-West Bio. 05.-09.07. Saskatoon, Canada. Book of Abstracts, 202.
- FAOSTAT (2016): Dostupno na <http://faostat.fao.org/>, pristup septembar 2016.
- Friedt W, Snowdon RJ (2009): Oilseed Rape. In: Vollman J, Rajčan I (eds), Oil Crops. Springer Dordrecht Heidelberg London New York, 91-127.
- Lin L, Allemekinders H, Dansby A, Campbell L, Durance-Tod S, Berger A (2013): Evidence of health benefits of canola oil. *Nutr. Rev.*, 71: 370–85. doi:10.1111/nure.12033
- Marinković R, Marjanović-Jeromela A, Crnobarac J, Lazarević J (2003): Path-coefficient analysis of yield components of rapeseed (*Brassica napus* L.). Proc. of the 11th Inter. Rapeseed Congress, Vol. III, 988-991, 6-10 July 2003. Copenhagen, Denmark.
- Marinković R, Marjanović-Jeromela A (2004): Combining ability in some varieties of winter oil rape (*B. napus* L.). *Biotechnology & Biotechnology Eq.*, 18(1): 110-114.
- Marinković R, Marjanović-Jeromela A (2006): Oplemenjivanje ozime uljane repice u Naučnom institutu za ratarstvo i povrtarstvo. Zbornik radova, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 42: 173-189.
- Marjanović Jeromela A, Marinković R, Mitrović P (2007): Oplemenjivanje uljane repice (*Brassica napus* L.). Zbornik radova, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 43: 139-148.
- Marjanović Jeromela A, Marinković R, Atlagić J, Saftić-Panković D, Miladinović D, Mitrović P, Miklič V (2008): Dostignuća u oplemenjivanju uljane repice (*Brassica napus* L.) u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo. Zbornik radova, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 45: 131-143.
- Marjanović Jeromela A, Terzić S, Zorić M, Marinković R, Atlagić J, Mitrović P, Milovac Ž (2011): Evaluation of seed and oil yield stability in NS rapeseed cultivars (*Brassica napus* L.). *Ratar. Povrt.*, 48: 67-76.
- Marjanović Jeromela A, Marinković R, Atlagić J, Miladinović D, Mitrović P, Milovac Ž, Mikić A (2012): Achievements in rapeseed (*Brassica napus* L.) breeding in Serbia. *Cruciferae Newsletter*, 31: 41-42.
- Marjanović Jeromela A, Dimitrijević A, Terzić S, Mikić A, Atlagić J, Miladinović D, Jankulovska M, Savić J, Friedt W (2016a): Applying Mendelian rules in rapeseed (*Brassica napus*) breeding. *Genetika*, 48(3): 1077-1086.
- Marjanović Jeromela A, Milovac Ž, Stojanović D, Dedić D, Sabadoš V, Miklič V, Malidža G (2016b): Rezultati ispitivanja IMI hibrida (Clearfield tehnologija) uljane repice u VCU ogledima u R. Srbiji. Zbornik rezimea. Deseti kongres o korovima, 21-23. septembar 2016. godine, Vrdnik, Srbija, 45-46.
- Mikić A, Antanasović S, Čupina B, Marjanović-Jeromela A, Erić P, Jakšić S (2015): Intercropping autumn-sown brassicas with annual legumes for green manure. *Cruciferae Newsletter*, 34: 11-13.
- Popović R, Jeremić M, Matkovski B (2016): Tržište uljarica u Srbiji. *Ratar. Povrt.*, 53(2): 74-80.

- Stojanović D, Dedić D, Marjanović Jeromela A, Balešević-Tubić S, Jocić S, Cvejić S (2016): Rezultati ispitivanja sorti suncokreta, uljane repice i soje u pokusima za utvrđivanje proizvodne i upotrebne vrijednosti; Zbornik sažetaka. IX Međunarodni kongres oplemenjivanja bilja, sjemenarstvo i rasadničarstvo, 9.-11. studenog 2016, Sveti Martin na Muri (Hrvatska), str.77-78/
- Yang G, Dnon Z, Fu T, Wu Ch (1999). A promising alternative way of utilizing pol CMS for hybrid breeding in *Brassica napus* L. Proc. 10th Int. Rapeseed Congress, Canberra, Australia. CD room.

ACHIEVEMENTS IN NS RAPESEED HYBRIDS BREEDING

Ana Marjanović Jeromela, Jovanka Atlagić, Danijela Stojanović, Sreten Terzić,
Petar Mitrović, Željko Milovac, Dragan Dedić

Summary

The increased production of oilseed rape (*Brassica napus* L.) is evident on a global scale, but also in Serbia in the last decade. Rapeseed is used primarily for vegetable oil and processing industry, but also as a source of protein for animal feed and green manure.

Following the cultivation of varieties, breeding and cultivation of hybrid rapeseed started in the 1990's, to take advantage of heterosis in F1 generation, while protecting the breeder's rights during seed commercialization. The breeding of hybrid oilseed rape requires high quality starting material (lines with good combining abilities) for introduction of male sterility. Ogura sterility system is primarily used at the Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad, Serbia. To use this system, separate lines are modified with genes for cytoplasmic male sterility (cms female line – mother line) and restoration of fertility (Rf male lines – father line). In order to maintain the sterility of the mother line it is necessary to produce a maintainer line of cytoplasmic male sterility. Creation of these lines and hybrids at the Institute of Field and Vegetable Crops was successfully monitored with intense use of cytogenetic laboratory methods. The structure and vitality of pollen, including different phases during meiosis were checked so that cms stability was confirmed during the introduction of these genes into different lines. Rapeseed breeding program in Serbia resulted in numerous varieties through collaboration of researchers engaged in breeding and genetics of this plant species. So far, in addition to 12 varieties of winter rapeseed and two varieties of spring rapeseed, a new hybrid of winter rapeseed NS Ras was registered in Serbia. NS Ras is an early-maturing hybrid characterized by high seed yield and oil content. Average yield of NS Ras for two seasons and three sites was 4256 kg ha⁻¹ of seed and 1704 kg ha⁻¹ of oil. Three promising winter rapeseed hybrids are in the process of registration in the Republic of Serbia and one in the EU. While addressing many challenges in breeding, especially resistance to biotic and abiotic stress, in addition to classical breeding, it is necessary to apply the cytogenetic and molecular analysis to increase the efficiency of producing competitive rapeseed genotypes.

Key words: *Brassica napus* L., breeding, cytogenetics, hybridrapeseed

Primljen: 5.12.2016.
Prihvaćen: 15.12.2016.