

UNIVERZITET U BEOGRADU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET

Dragana D. Rajković

**UTICAJ GENOTIPA, SPOLJNE SREDINE I
NJIHOVE INTERAKCIJE NA PRINOS I
KVALITET SEMENA ULJANE REPICE**

doktorska disertacija

Beograd, 2021

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF AGRICULTURE

Dragana D. Rajković

**THE EFFECT OF GENOTYPE,
ENVIRONMENT AND THEIR INTERACTION
ON YIELD AND SEED QUALITY OF
RAPESEED**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2021

Mentor 1: Dr Slaven Prodanović, redovni profesor
Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet

Mentor 2: Dr Ana Marjanović Jeromela, naučni savetnik
Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad

Članovi komisije:

Dr Tomislav Živanović, redovni profesor
Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet

Dr Biljana Rabrenović, vanredni profesor
Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet

Dr Sandra Cvejić, viši naučni saradnik
Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad

Datum odbrane: _____

Ova disertacija je urađena na Institutu za ratarstvo i povrtarstvo i predstavlja deo projekta „Razvoj novih sorti i poboljšanje tehnologija proizvodnje uljanih biljnih vrsta za različite namene” (TR 31025), finansiranog od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije i ugovora o realizaciji i finansiranju naučnoistraživačkog rada NIO u 2020. i 2021. godini. Evidencioni broj: 451-03-68/2020-14/ 200032 i 451-03-9/2021-14/200032.

Srećna sam i zahvalna na ukazanoj prilici da mi mentor u Institutu bude dr Ana Marjanović Jeromela, koja mi je otvorenog srca posvetila pažnju, podstrekivala me i pomogala da se razvijam u pravom smeru. Pored znanja, prenela mi je entuzijazam za bavljenje naučno-istraživačkim radom. Svakom mladom naučnom radniku bih poželela ovakvog mentora.

Mentor na fakultetu dr Slaven Prodanović mi je pomagao svojim savetima sve vreme doktorskih studija. Kreativnim sugestijama je poboljšao strukturu disertacije i doprineo konačnoj formi teksta.

Sa dr Sandrom Cvejić već nekoliko godina uživam u diskusiji koja se tiče oplemenjivanja uljanih biljnih vrsta. Hvala joj na doprinosu i prenetom znanju.

Dr Biljani Rabrenović, čije vešto oko tehnologa je bilo tu da poboljša rad i sa tog aspekta, te se zahvaljujem na pažljivo pregledanom rukopisu i korisnim savetima.

Dr Tomislavu Živanoviću hvala na profesionalnom i korektnom odnosu za vreme studija i tokom izrade disertacije.

Za sigurnu plovidbu morem podataka i pomoć u statističkoj obradi je zaslužan dr Dragosav Mutavdžić. Dr Dušanu Stanisavljeviću se zahvaljujem na pomoći pri tumačenju rezultata AMMI analize i oceni stabilnosti analiziranih genotipova.

Hvala Željku, Ruži, Ranki, Dekiju, koji su se vredno angažovali sve vreme izvođenja oglada. U hemijskim analizama su mi pomogle Nada Lečić, dr Nada Grahovac i mr Zvonimir Sakač. Zahvalna sam Vladimiru Šarcu i Zorici Stojanović, kao i osoblju laboratorije za kontrolu kvaliteta uljare Victoriaoil na pomoći u analizi proteina, savladavanju tehnološke terminologije i upoznavanju sa proizvodnim procesima. Kolegama Nemanji i Brankici što su me bodrili i uvek bili raspoloženi za diskusije, jer ideje i zaključci najlakše tako nailaze – kada se razmenjuju. Alexandra Asanovna Elbakyan, hvala što si mi olakšala pretragu literature, nauka treba da bude dostupna i vidljiva svima.

Redove ove disertacije posvećujem roditeljima i porodici, koji su mi uvek pružali mogućnost izbora i podržavali me u donetim odlukama.

UTICAJ GENOTIPA, SPOLJNE SREDINE I NJIHOVE INTERAKCIJE NA PRINOS I KVALITET SEMENA ULJANE REPICE

Sažetak

U radu je analiziran prinos i kvalitet semena 40 divergentnih genotipova ozime uljane repice tokom četiri vegetacione sezone. Analizirani su prinos semena (PS), ulja (PU) i proteina (PP), masa 1000 semena (MHS), sadržaj ulja (SU) i proteina (SP), sadržaj i sastav masnih kiselina (MK) i tokoferola. Sagledan je uticaj genotipa, spoljne sredine i njihove interakcije na analizirana svojstva.

Na variranje srednjih vrednosti prinosa, komponenti prinosa, sadržaja C16:0, C18:0 i C18:3 su najviše uticali faktori spoljne sredine (44–81% ukupne varijacije). Glavni efekat genotipa je bio preovlađujući (48–82% ukupne varijacije) za sadržaj C18:1, C18:2 i C22:1, kao i za sadržaj α -tokoferola. Heritabilnost MHS, SU, SP, svih MK izuzev C18:0, kao i α -tokoferola je bila visoka (>74%). Za većinu analiziranih osobina je utvrđena međusobna zavisnost. Veza između PS sa PU i PP je bila jaka pozitivna, dok je veza SU i SP bila jaka negativna.

AMMI modelom je ispitana interakcija genotip–spoljna sredina. Pomoću ovog modela su izdvojeni perspektivni stabilni genotipovi uljane repice, pre svega po PS, PU i SU. Linija NS-L-251 se istakla stabilnošću i visokim SU, dok je sorta Nevena bila najmanje stabilna. Visok stabilan PS su imale NS-L-136 i NS-L-32. Prema parametrima prinosa klaster analizom su izdvojena dva klastera. Na osnovu MK sastava svi genotipovi su grupisani u dva klastera, pri čemu je NS-L-102 zbog značajnih odstupanja, pre svega u sadržaju C18:1 i C22:1, jedini član drugog klastera. Za dalji rad se predlaže pedigree selekcija i primena konvergentnog oplemenjivanja. Preporučuje se poboljšanje sorte Slavica ukrštanjem sa NS-L-251. U cilju stvaranja visokooleinske uljane repice predlaže se ukrštanje NS-L-7 sa sortama Zlatna i Kata.

Ključne reči: uljana repica, prinos, ulje, kvalitet, AMMI, $G \times E$ interakcija, stabilnost, korelacije

Naučna oblast: Biotehničke nauke

Uža naučna oblast: genetika i oplemenjivanje

UDK: 575.22:575.113.3]:[631.53.01:635.127(043.3)

THE EFFECT OF GENOTYPE, ENVIRONMENT AND THEIR INTERACTION ON YIELD AND SEED QUALITY OF RAPESEED

Abstract

This dissertation provides the analyses of yield and seed quality of 40 divergent winter rapeseed genotypes in four growing seasons. The following features were examined: yield (SY), oil (OY) and protein yield (PY), 1000 seed weight (TSW), oil (OC) and protein content (PC), content and composition of fatty acids (FA) and tocopherols. The effect of genotype, environment and their interaction on the analyzed traits was assessed. The environmental factors had most effect (44–81% of overall variation) on variation of yield, yield components, and content of C16:0, C18:0 and C18:3. The main effect of the genotype was predominant (48–82% of overall variation) for C18:1, C18:2 and C22:1, and α -tocopherol content. The heritability of OC and PC, TSW, all FA except C18:0, as well as α -tocopherols was high (>74%). Significant correlations were found for most of the analyzed traits. SY was in strong positive correlation with OY and PY, while OC and PC were in strong negative correlation.

AMMI model was applied to examine the $G \times E$ interactions. Perspective stable rapeseed genotypes were identified, primarily in terms of SY, OY and OC. The line NS-L-251 stood out for its stability and high OC, while Nevena was the least stable. NS-L-136 and NS-L-32 had a high stable SY. According to the yield parameters, genotypes were separated into two clusters. Based on the FA composition, all genotypes were grouped into two clusters, with NS-L-102 being the only member of the second cluster due to significant deviations, primarily in the content of C18:1 and C22:1. For further work, pedigree selection and convergent breeding are proposed. It is recommended to improve Slavica by crossing it with NS-L-251. In order to create high-oleic rapeseed, it is proposed to cross NS-L-7 with Zlatna and Kata.

Key words: rapeseed, yield, oil content, seed quality, AMMI model, $G \times E$ interaction, stability, correlation

Scientific field: Biotechnical Science

Scientific subfield: genetics and breeding

UDC number: 575.22:575.113.3]:[631.53.01:635.127(043.3)

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. CILJ ISTRAŽIVANJA	3
3. PREGLED LITERATURE	4
3.1. Prinos i kvalitet semena uljane repice pod uticajem genotipa i spoljne sredine.....	4
3.1.1. Prinos i komponente prinosa	4
3.1.1.1. Prinos semena, ulja i proteina	5
3.1.1.2. Apsolutna masa semena.....	7
3.1.2. Kvalitet semena	8
3.1.2.1. Sadržaj ulja i proteina u semenu	8
3.1.2.2. Sastav i sadržaj masnih kiselina u ulju	10
3.1.2.3. Sadržaj tokoferola	14
3.2. Komponente fenotipske varijanse i heritabilnost prinosa i kvaliteta semena uljane repice	16
3.2.1. Prinos i komponente prinosa	17
3.2.2. Kvalitet semena	17
3.3. Analiza interakcije genotipa i spoljne sredine primenom AMMI analize za prinos i kvalitet semena uljane repice.....	17
3.3.1. Prinos i komponente prinosa	18
3.3.2. Kvalitet semena	19
3.4. Stabilnost genotipova uljane repice po prinosu i kvalitetu semena.....	19
3.5. Fenotipske i genetičke korelacije između prinosa i kvaliteta semena	20
3.6. Očekivana genetička dobit u oplemenjivanju uljane repice na prinos i kvalitet semena	21
4. RADNA HIPOTEZA	22
5. MATERIJAL I METOD	23
5.1. Biljni materijal.....	23
5.2. Poljski ogledi	24
5.3. Meteorološki podaci	24
5.4. Analiza parametara kvaliteta ulja semena	26
5.4.1. Izdvajanje i određivanje sadržaja ulja	26
5.4.2. Određivanje sadržaja proteina	26
5.4.3. Određivanje sadržaja i sastava tokoferola	27
5.4.4. Određivanje sadržaja i sastava masnih kiselina.....	27
5.5. Statistička analiza	28

6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA	31
6.1. Prinos i kvalitet semena uljane repice pod uticajem genotipa i spoljne sredine.....	31
6.1.1. Prinos semena.....	31
6.1.2. Prinos ulja.....	33
6.1.3. Prinos proteina.....	35
6.1.4. Masa 1000 semena	37
6.1.5. Sadržaj ulja	39
6.1.6. Sadržaj proteina	41
6.1.7. Masno-kiselinski sastav ulja.....	44
6.1.7.1. Sadržaj oleinske kiseline C18:1	44
6.1.7.2. Sadržaj linolne kiseline C18:2	46
6.1.7.3. Sadržaj linolenske kiseline C18:3.....	48
6.1.7.4. Sadržaj palmitinske kiseline C16:0	50
6.1.7.5. Sadržaj stearinske kiseline C18:0	52
6.1.7.6. Sadržaj eruka kiseline C22:1	54
6.1.7.7. Sadržaj ukupnih zasićenih i nezasićenih masnih kiselina.....	56
6.1.8. Sadržaj i sastav tokoferola.....	61
6.1.8.1. Sadržaj α -tokoferola	61
6.1.8.2. Sadržaj γ -tokoferola.....	63
6.1.8.3. Sadržaj ukupnih tokoferola.....	66
6.2. Komponente fenotipske varijanse i heritabilnost prinosa i kvaliteta semena uljane repice	68
6.2.1. Prinos i komponente prinosa	68
6.2.2. Kvalitet semena	68
6.3. Analiza interakcije genotipa i spoljne sredine primenom AMMI analize za prinos i kvalitet semena uljane repice.....	70
6.3.1. Prinos i komponente prinosa	70
6.3.2. Kvalitet semena	78
6.4. Stabilnost genotipova uljane repice po prinosu i kvalitetu semena.....	93
6.5. Fenotipske i genetičke korelacije između prinosa i kvaliteta semena	98
6.6. Fenotipska divergencija u ispitivanoj kolekciji genotipova uljane repice.....	101
6.7. Preporuka za dalja ukrštanja.....	104
7. ZAKLJUČAK	105
8. LITERATURA.....	107
PRILOG 1	120
GRAFIKONI.....	121
SLIKE	122
TABELE	122
BIOGRAFIJA	125

1. UVOD

Uljana repica, *Brassica napus* L., pripada kosmopolitskoj porodici kupusnjača, Brassicaceae (Slika 1). Pripadnici ove familije su prisutni na svim kontinentima izuzev Arktika. Kupusnjače su veoma bogate vrstama, više od 3700, te je rod *Brassica* jedan od preko 350 rodova iz ove porodice (Al-Sebnaz et al., 2006). Mnoge vrste porodice Brassicaceae su ekonomski značajne kao industrijske biljke (uljana repica, bela i crna slačica, lanik) i povrće (kupus, kelj, prokelj, keleraba, ren, rotkva, rotkvice, bela repa, rukola, karfiol, brokoli). Seme uljane repice je bogato uljem, pa je tako dobijanje ulja primarni cilj njene proizvodnje. Repičino ulje se koristi u prehrambene i industrijske svrhe (u industriji boja, lakova, maziva, proizvodnji biodizela). Uljana repica je treći najvažniji izvor jestivog biljnog ulja na svetu nakon uljane palme i soje. Istraživanjem energetske efikasnosti proizvodnje uljane repice je izračunato da se 22% pogače i 60% slame može koristiti za stvaranje toplotne i električne energije (Jankowski et al., 2015).

Carstvo Plantae – biljke

Podcarstvo Tracheobionta – vaskularne biljke

Superdivizija Spermatophyta – semenice

Divizija Magnoliophyta – cvetnice

Klasa Magnoliopsida – dikotiledone biljke

Podklasa Dilleniidae

Red Brassicales

Porodica Brassicaceae – kupusnjače

Rod *Brassica*

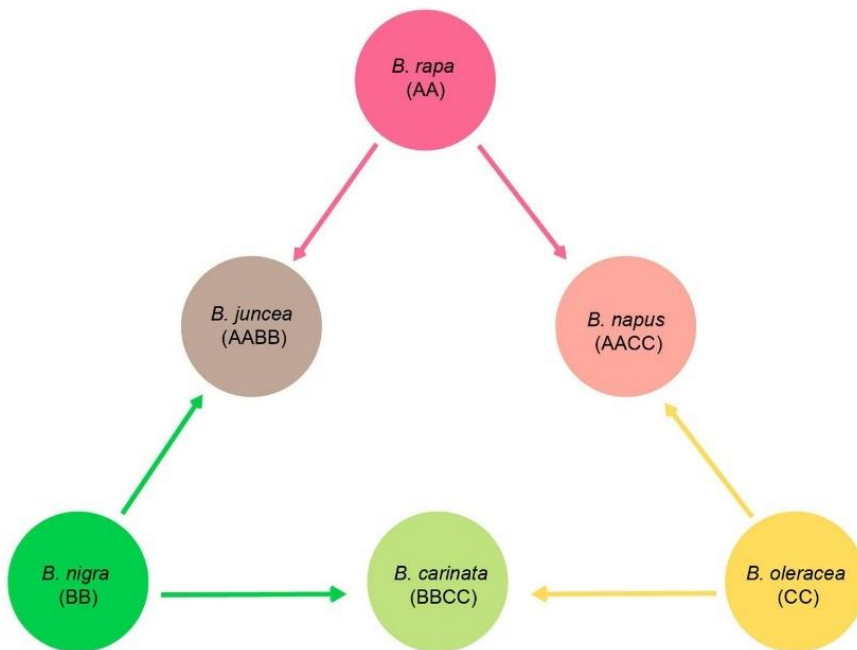
Vrsta *Brassica napus* L. – uljana repica

Slika 1. Klasifikacija uljane repice

Mediteran i severna Evropa su kolevka porekla uljane repice. Prvi nalazi uljane repice datiruju još 2000 godina pre nove ere. Uljana repica ima aloploidan genom (AACC, $2n=38$), koji je nastao pre oko 7500 godina spontanom hibridizacijom dve vrste, *Brassica rapa* i *B. oleracea* (Chalhoub et al., 2014). Ovakva spontana ukrštanja su česta u okviru roda *Brassica*. Na sličan način su nastale i tetraploidne vrste *B. carinata* i *B. juncea* ukrštanjem diploidnih *B. oleracea* i *B. nigra*, odnosno *B. rapa* i *B. nigra*, redom (Slika 2 – slova u zagradama označavaju prisustvo A, B, ili C genoma).

Cvetanje ozime uljane repice počinje krajem aprila, početkom maja i traje oko tri nedelje. Odsustvo oprašivača produžava period cvetanja (Sabbahi et al., 2006), jer biljka stvaranjem novih cvetova uvećava šansu za posetom insekata i oplodnjom. Produžetak cvetanja se odražava na neravnomerno sazrevanje i lošiji kvalitet ulja (Vujaković et al., 2014). Obzirom na veliku gustinu cvetova i stvaranje nektara i polena, uljana repica je značajna pčelinja paša. Kako se nektar kontinuirano stvara, pčele posećuju jedan cvet više puta na obostranu korist. Uljanoj repici obezbeđuju bolju oplodnju, a sebi prikupljaju nektar i polen. Nakon cvetanja se formira ljuska, koja predstavlja višesemeni plod uljane repice nastao od sinkarpnog gineceuma. Ljuska sadrži pregradu (tin) za koju su pričvršćena semena.

Uljana repica je autokompatibilna i većinom samooplodna, sa prosečnom stopom stranooplodnje od 30% (Becker et al., 1992; OGTR, 2017). Analizom genetičkog diverziteta divlje uljane repice u Japanu je utvrđena prosečna vrednost koeficijenta inbridinga od 0.68, što ukazuje na to da se ove populacije razmnožavaju uglavnom samooplodnjom (Chen et al., 2020). Proizvodnja hibrida uljane repice se zasniva na iskorišćavanju sistema citoplazmatične muške sterilnosti. Izbor roditelja je veoma važan za razvoj hibrida dobrih performansi. Ukrštanjima linija se ispituju njihove opšte i posebne kombinacione sposobnosti i odabiru se pozitivni tipovi.



Slika 2. U trougao prikazuje poreklo genoma šest vrsta roda *Brassica* (Nagaharu, 1935)

Kod starih genotipova uljane repice ulje je bilo bogato eruka kiselinom, što je nepoželjna osobina, koja je ograničavala mogućnost upotrebe repičinog ulja i delimično sačme. 1959. godine je utvrđeno da linija repice Liho ima nizak sadržaj eruka kiseline. Serijom povratnih ukrštanja i selekcijom je stvorena prva sorta uljane repice sa niskim sadržajem eruka kiseline, Oro. Krajem 60-ih godina prošlog veka je otkriveno da poljska sorta jare repice Bronowski ima snižen nivo glukozinolata, što je predstavljalo osnovu za oplemenjivanje na kvalitet dvostrukih nulaša (00 kvalitet). Termin 00 kvalitet se uglavnom koristi u Evropi, dok je u Kanadi i Australiji u upotrebi izraz kanola. Kanola (eng. *canola – canadian oil low acid*) predstavlja seme uljane repice (*Brassica napus*, *Brassica rapa*, ili *Brassica juncea*) sledećeg kvaliteta: ulje sadrži manje od 2% eruka kiseline, a obezmaščena sačma manje od 30 μmol glukozinolata (bilo kog pojedinačnog, ili smešu 3-butenil glukozinolata, 4-pentenil glukozinolata, 2-hidroksi-3 butenil glukozinolata, ili 2-hidroksi-4-pentenil glukozinolata) po gramu sačme. Ulje uljane repice koje je bogato eruka kiselinom se i dalje koristi u industrijske svrhe, uglavnom kao lubrikant.

Prinos i kvalitet semena su najvažnije osobine uljane repice. Prinos je kvantitativna poligena osobina, što znači da je pod kontrolom većeg broja gena, čiji je pojedinačni efekat mali. Na ispoljavanje kvantitativnih osobina, pored genetičke osnove individue utiču i faktori spoljne sredine, kao i interakcija između genotipa i spoljne sredine. Obzirom da se prisustvo interakcije nepovoljno odražava na stabilnost genotipa, primenom odgovarajućih statističkih modela je moguće izdvojiti stabilne genotipove uljane repice, koji imaju visok prinos, odnosno dobar kvalitet semena. Kako se agroekološki uslovi gajenja repice veoma razlikuju, konstantno se ulažu napor za stvaranje sorti i hibrida koji imaju stabilan prinos i sadržaj ulja i prilagođeni su različitim lokalitetima.

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj ovog istraživanja je da se izvrši fenotipizacija kolekcije germplazme od 40 genotipova uljane repice na kvantitativne osobine prinosa i kvalitet semena, u različitim ekološkim uslovima proizvodnje i da se na osnovu interakcije genotipa i sredinskih uslova obavi njihova evaluacija za programe oplemenjivanja. Predložiće se odgovarajuće metode poboljšanja nasledne osnove, koje na najefikasniji način doprinose stvaranju novih sorti, višem prinosu i poboljšanom kvalitetu. Za realizaciju navedenog postavljeno je nekoliko posebnih ciljeva disertacije:

1. Određivanje genotipske vrednosti svih linija i hibrida uljane repice ispitivanih u poljskim ogledima, kao prosečne vrednosti uzorka u svim spoljnim sredinama, za prinos semena i pokazatelje kvaliteta semena.
2. Analiza varijabilnosti prinosa i kvaliteta semena uljane repice.
3. Određivanje udela variranja nastalog usled uticaja genotipa, spoljne sredine i interakcije genotip–spoljna sredina. Izračunavanje heritabilnosti kao pokazatelja odnosa genotipske i fenotipske varijanse.
4. Raščlanjivanje varijanse pod uticajem interakcije genotip–spoljna sredina AMMI analizom.
5. Ocena stabilnosti sorti po kvantitativnim osobinama i identifikacija najadaptabilnijih sorti. Procena uzroka stabilnosti genotipova u pogledu odnosa prinosa i kvaliteta semena, kao i odnosa između sadržaja ulja, proteina, masnih kiselina i tokoferola u semenu. Povezivanje ranga genotipova po prinosu i stabilnosti.
6. Izračunavanje međuzavisnosti analiziranih osobina, primenom genetičkih i fenotipskih koeficijenata korelacije.
7. Utvrđivanje fenotipske divergentnosti u ispitivanoj kolekciji germplazme i u grupi odabranih sorti sa širokim spektrom adaptacije primenom klaster analize, kao polazne osnove za ukrštanja u budućim programima oplemenjivanja. Poređenje efekata koji se mogu postići ukrštanjem dva, tri, ili više roditelja.
8. Procena selekcionene dobiti koja se može ostvariti korišćenjem odabranih genotipova za ukrštanja.

3. PREGLED LITERATURE

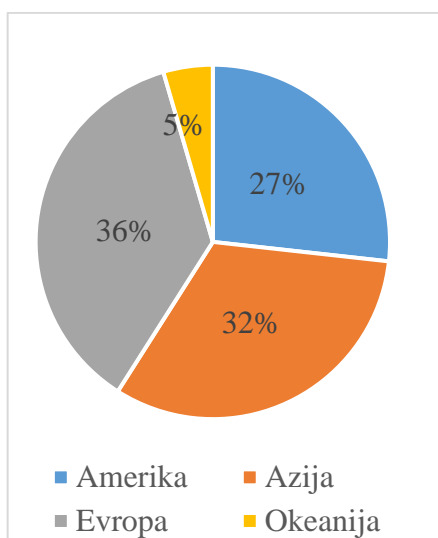
Ukupna površina poljoprivrednog zemljišta u Republici Srbiji iznosi 5.7 miliona hektara. Oko 70% ove površine se intenzivno obrađuje i njega čine oranice, voćnjaci i vinogradi. Od uljanih biljnih vrsta se najviše gaje suncokret i soja, čija proizvodnja je skoro izjednačena u poslednjih pet godina, a proizvodnja uljane repice je u porastu (FAOSTAT, 2020). Uljana repica se gaji na oko 30,000 hektara što je nešto manje od 1% ukupne obradive površine. Najveći deo površina pod repicom je u Vojvodini, gde su najpovoljniji klimatski, zemljišni i agroekološki uslovi za njeno gajenje, a uz to postoje kapaciteti za njen otkup i dalju preradu.

3.1. Prinos i kvalitet semena uljane repice pod uticajem genotipa i spoljne sredine

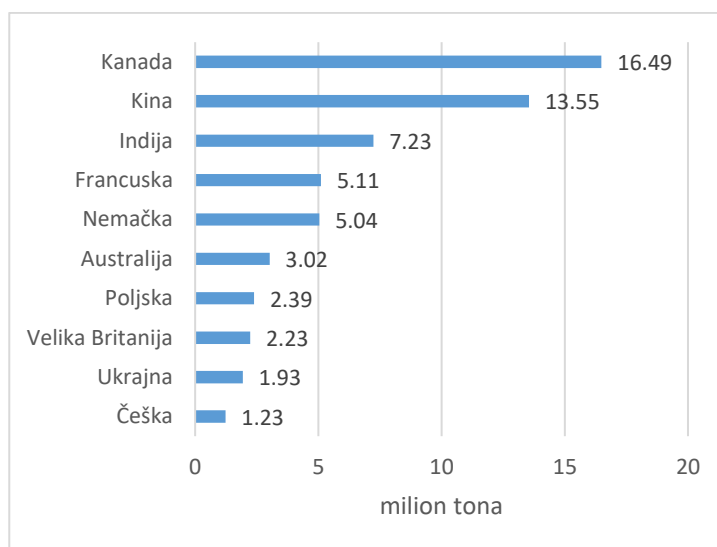
3.1.1. Prinos i komponente prinosa

Uljana repica je prilagođena na širok spektar zemljišta. Osetljivija je od pšenice na zakišeljnost zemljišta, pa najbolje prinose daje pri pH 6.5–7 (Marinković et al., 2009). Takođe je osetljiva na visok nivo aluminijuma u zemljištu (Edwards i Hertel, 2011).

Najveći svetski proizvođači uljane repice su Evropska unija, Kanada i Kina. Prosečni udeo u proizvodnji uljane repice po kontinentima u desetogodišnjem periodu je prikazan na Grafikon 1. Evropa, Azija i Amerika čine više od 95% ukupne proizvodnje. U periodu 2008–2018. Kanada i kontinentalna Kina su bile najveći proizvođači uljane repice u svetu (Grafikon 2).



Grafikon 1. Udeo regiona u proizvodnji uljane repice u periodu 2008–2018. (FAOSTAT, 2020)



Grafikon 2. Deset najvećih proizvođača uljane repice na osnovu prosečne godišnje proizvodnje u milionima tona za period 2008–2018. (FAOSTAT, 2020)

U periodu 2015–2018. najveća proizvodnja uljane repice u svetu je ostvarena 2017. i iznosila je 76.3 miliona tona (Tabela 1), od čega je 21.9 miliona tona proizvedeno u Evropskoj uniji (EU) (Tabela 2) (FAOSTAT, 2020). U Srbiji je uljana repica treći najviše gajeni uljani usev, iza suncokreta i soje. Proizvodnja uljane repice u Srbiji od 2015. do 2018. je bila u rangu 13,542–48,740 t (Tabela 3) sa prosečnim prinosom od 2.78 t/ha, koji je ispod proseka u EU (FAOSTAT, 2020).

U Srbiji, kao i u Evropi, se najviše gaji ozima forma uljane repice. Ona se odlikuje višim prinosom u odnosu na jare forme. U odnosu na vreme setve, ozima uljana repica je prvi ozimi usev koji se seje u našim krajevima. Optimalno vreme setve na ovom podneblju je od kraja avgusta do kraja septembra, zavisno od vremenskih uslova. Glavna razlika između ozime i jare uljane repice je u potrebi ozimih da prođu vernalizaciju kako bi mogle da cvetaju. Ozima repica, koja se seje krajem leta, početkom jeseni, na proleće ranije cveta u odnosu na jaru. Jara repica se seje s prestankom

mrazeva na početku proleća i ima kraći ciklus razvića. Njeno kasnije cvetanje i formiranje semena predstavlja potencijalni rizik da bude izložena suši.

Tabela 1. Proizvodnja uljane repice u svetu 2015–2018 (izvor FAOSTAT, 2020)

Godina	2015	2016	2017	2018
Požnjevena površina (ha)	34,421,233	32,780,332	35,591,995	37,579,575
Proizvodnja (t)	70,205,656	68,113,132	76,374,698	75,001,457
Prinos (t/ha)	2.04	2.08	2.15	2.00

Tabela 2. Proizvodnja uljane repice u EU 2015–2018. (izvor FAOSTAT, 2020)

Godina	2015	2016	2017	2018
Požnjevena površina (ha)	6,477,799	6,537,298	6,742,549	6,891,149
Proizvodnja (t)	21,852,512	20,115,336	21,943,280	19,974,567
Prinos (t/ha)	3.37	3.08	3.25	2.90

Tabela 3. Proizvodnja uljane repice u Srbiji 2015–2018 (izvor FAOSTAT, 2020)

Godina	2015	2016	2017	2018
Požnjevena površina (ha)	12,226	13,476	19,376	45,628
Proizvodnja (t)	33,402	39,404	48,740	13,542
Prinos (t/ha)	2.73	2.92	2.52	2.97

Biljno ulje u Srbiji se najviše proizvodi iz semena suncokreta. Povećanje interesovanja za semenom uljane repice kao alternativne sirovine biljnog ulja je uzrokovano većom produktivnošću i rastom potreba za uljanom repicom u odnosu na suncokret na međunarodnom tržištu. Ipak, u Srbiji se samo deo proizvedene uljane repice prerađuje, dok se najveći deo izvozi (Republički zavod za statistiku, 2020).

3.1.1.1. Prinos semena, ulja i proteina

Oplemenjivački programi na unapređenju genetičke osnove uljane repice usmereni su u velikoj meri na prinos semena i sadržaj ulja, kao najvažnije kvantitativne osobine. S obzirom da su ove osobine determinisane aditivnim genima, na njih značajno utiče spoljna sredina. Na fenotipsku varijansu prinosa uljane repice deluje variranje klimatskih činilaca (temperatura, padavine, dužina fotoperioda, mraz, suša), tip zemljišta, primenjena agrotehnika (gustina i vreme setve, đubrenje), genotip i interakcije genotip–spoljna sredina ($G \times E$). Direktni i/ili indirektni odnosi i interakcija navedenih faktora određuju potencijal za prinos uljane repice. Spasibionek et al. (2020) su u dvogodišnjim ogledima na dva lokaliteta potvrdili uticaj lokaliteta i genotipa na prinos HOLL (eng. high oleic low linolenic) inbred linija repice. Ispitujući izvore varijacije prinosa semena uljane repice u četvorogodišnjem ogledu Marjanović Jeromela et al. (2019) su takođe utvrdili uticaj sorte i godine na prinos semena. Sistem gajenja uljane repice bez obrade tzv. no till može da utiče na povećanje prinosa semena, jer se ovom tehnologijom gajenja povećava količina dostupne vode za biljku (Lafond et al., 1992). Primetan je uticaj klimatskih promena na poljoprivrednu proizvodnju, posebno u pogledu prinosa ratarskih useva. Utvrđena je razlika u efektu klimatskih promena na poljoprivredu između regiona severne i južne Evrope (Pullens et al., 2019). Zbog veće prognozirane količine padavina u budućnosti, očekuje se porast prinosa u zemljama severne Evrope, dok se na jugu kontinenta očekuju visoke temperature i suša, koje će se nepovoljno odraziti na prinos (Webber et al., 2018). Nepovoljni vremenski uslovi tokom nicanja i ranog razvoja biljke, kao i u kritičnom periodu cvetanja i nalivanja semena se odražavaju na loš sklop, porast i najzad na podbacivanje u pogledu prinosa. Stoga je važno poznavanje uticaja klimatskih faktora na uljanu repicu kako bi se odabirali najbolji genotipovi za određeno područje u kome će moći da ostvare maksimalni potencijal rodnosti. Proučavanjem faktora spoljne sredine koji utiču na prinos uljane repice u regionu argentinskih

Pampasa multiplim regresionim modelom je utvrđeno da se padavine za vreme razvoja ozime uljane repice najviše odražavaju na prinos (Takashima et al., 2013). Testirajući nekoliko različitih regresionih modela, Sharif et al. (2017) su takođe potvrdili da su padavine i temperatura tokom nalivanja semena u negativnoj međuzavisnosti sa prinosom ozime repice. Zavisno od korišćenog modela primećeno je da tokom jeseni povećanje padavina za 1 mm/danu vodi smanjenju prinosa za 0–4% (Sharif et al., 2017). Sa druge strane, padavine u julu pozitivno utiču na prinos semena povećavajući ga za 0–2% (Sharif et al., 2017). Ista grupa autora ističe da povećanje temperature za 1°C za vreme cvetanja utiče na povećanje prinosa između 0 i 6%.

Oko 40% varijabilnosti prinosa semena može da se objasni vremenskim uslovima za vreme određenih faza razvoja uljane repice (Weyman et al., 2015). Ovi autori ističu da su formiranje ljuske i semena, kao i razvoj semena najvažnije fenološke faze koje utiču na prinos, ukazujući da je prinos većim delom određen pre sazrevanja. Za vreme formiranja ljuske i semena na prinos najviše utiču temperatura, zračenje i suša (Weyman et al., 2015). Rezultati ovih autora su pokazali da visoke temperature ubrzavaju razviće skraćujući period nalivanja semena i mogu ubrzati starenje listova i ljuske, čime se smanjuje fotosinteza, odnosno stvaranje asimilata. Skraćenje trajanja faze razvoja u isto vreme znači da je biljka primala manje sunčeve energije i da će proizvesti manje asimilata. Nedovoljna dostupnost asimilata tokom zametanja semena i formiranja ljuske utiču na smanjenje prinosa. Kraće vreme razvoja semena uslovljeno visokom temperaturom dovodi do kompenzacijskog efekta između broja semena po m² i mase 1000 semena (Weyman et al., 2015). Varijabilnost prinosa semena je povezana i sa promenama u koncentraciji nutrijenata u listu za vreme cvetanja (Szczeplaniak et al., 2015). Iako je uljana repica većinom samooplodna, može da se oprašuje vetrom i insektima, pre svega medonosnim pčelama, čije prisustvo doprinosi ravnomernijem sazrevanju i povećanju prinosa 18–37% (Bommarco et al., 2012; Perrot et al., 2018).

U dvogodišnjem ogledu sa rokovima setve i tretmanom suše za vreme cvetanja gde se ispitivao njihov uticaj na prinos semena je potvrđen uticaj roka setve, navodnjavanja i sorte na prinos semena u obe analizirane godine (Shafiqhi et al., 2020). Ova grupa autora je utvrdila da se kasnom setvom repice prinos semena smanjuje do 45%, a da suša za vreme i nakon cvetanja smanjuje prinos semena 29%. Tim ogledom je ustanovljeno da datum setve više utiče na prinos uljane repice u odnosu na navodnjavanje, odnosno stres izazvan sušom. Verovatno je da stres uslovljen sušom za vreme cvetanja dovodi do opadanja broja cvetova usled uvenuća, te se posledično smanjuje broj ljuski, odnosno prinos semena. Kasna setva smanjuje prinos semena uljane repice (Shirani Rad et al., 2014; Verdejo i Calderini, 2020). Kašnjenjem sa setvom se rizikuje da biljke kasnije uđu u period cvetanja i budu suočene sa sušom i visokim temperaturama. Takođe, kasnija setva znači da biljka ima manje vremena za razvoj pre ulaska u zimski period mirovanja. Tako se može desiti da uljana repica uđe sa malo zaliha hranljivih materija i slabo formiranom rozetom, što posle dovodi do smanjenja prinosa. Izbor odgovarajućih sorti i hibrida koji mogu da se brže razviju i uđu pripremljeni u fazu prezimljavanja je značajno za obezbeđivanje visokog prinosa. Topla jesen i blaga zima utiču na brži razvoj biljaka i razvoj generativnog stabla pre prvih mrazeva, što se negativno odražava na formu uljane repice kod genotipova koji ne poseduju otpornost na ovo svojstvo. Zato se u proizvodnji pribegava upotrebi regulatora rasta, iliti biostimulatora (Gaveliene et al., 2018), koji su retardanti, odnosno usporavaju razvoj biljke. Njih biljka brzo usvaja preko površine lista. Uljana repica najbolje toleriše mraz i niske temperature u fazi rozete kada ima pet do osam pravih listova (Stamm et al., 2016). Prosečna temperatura tokom gajenja utiče na prinos semena uljane repice (Hossain et al., 2019). Hossain et al. (2019) su utvrdili da su ova dva parametra u srednje jakoj pozitivnoj korelaciji, dok drugi autori navode da visoke temperature nepovoljno utiču na prinos (Aksouh-Harradj et al., 2006; Dreccer et al., 2018). Moguće je da temperature gajenja u ogledu Hossaina et al. (2019) nisu dosigle kritično visoku vrednost kada počinju da deluju negativno na prinos semena. Na prinos semena i kvalitet ulja se više odražavaju faktori spoljne sredine kao što su temperatura i količina dostupne vode, nego nutritivni status zemljišta (Hammac et al., 2017). Uniformni sklop biljaka povećava produktivnost i biomasu biljaka zbog veće dostupnosti svetlosti, vode iz zemljišta i organskog ugljenika u odnosu na neujednačeni sklop (Yang et al., 2014). Ista grupa autora je konstatovala da ujednačeni sklop povećava prinos uljane repice do 21% u odnosu na neujednačene

sklopove sa manje od 60 biljaka po m². Različiti su uzroci neujednačenog sklopa, od razlike u dubini setve, loše pripreme zemljišta, manje klijavosti semena, napada štetočina do oštećenja nastalih kao posledica izmrzavanja (Yang et al., 2014). Dobar sklop pozitivno utiče i na veću kompeticiju sa korovima (Evers i Bastiaans, 2016). Gajenjem repice u različitim sklopovima, tj. sejanjem na različite međuredne razmake se može uticati na prinos. Tako se setvom na malim gustinama postiže veća vegetativna masa, jer biljke imaju dovoljno prostora da rastu u širinu. Sa druge strane, problem neujednačenog sazrevanja usled pojačanog granjanja postaje izraženiji, što utiče na kvalitet semena i komponente prinosa (Vujaković et al., 2014). Pri gustom sklopu je приметniji veći porast biljaka, veća sklonost poleganju i osetljivost na bolesti, što se svakako nepovoljno odražava na prinos (Khan et al., 2018). Poleganje se najčešće dešava pre, ili za vreme nalivanja semena i pored ograničavanja mehaničke žetve i ugrožavanja prinosa, negativno utiče i na kvalitet semena (Khan et al., 2018). Istraživanjem poleganja uljane repice je utvrđeno da je značajniji gubitak prinosa kada se poleganje desi u kasnijoj fazi razvoja (tokom sazrevanja ljuske u odnosu na period cvetanja), jer poleglo stablo ne prima dovoljno svetlosti što smanjuje nivo fotosinteze, a može doći i do prežetvenog osipanja semena (Berry i Spynk, 2009). Azot je najvažniji makroelement biljaka čiji sadržaj utiče na broj cvasti, cvetova, ljuski i semena, a indirektno se odražava na formiranje prinosa uljane repice (Łukowiak i Grzebisz, 2020). Nakon prihrane azotnim đubrivom, koje je primenjeno u jednoj dozi početkom proleća, je utvrđeno da se najviši prinos semena uljane repice ostvaruje primenom 150 kg azota/ha (Marjanović Jeromela et al., 2019).

Uticaj genotipa i okruženja na prinos ulja su potvrdili Sidlauskas i Bernotas (2003). U ogledu Marjanović Jeromela et al. (2008) eksperimentalne linije su imale viši prinos ulja u odnosu na testirane registrovane sorte, ali manju stabilnost. Uočili su i da genotipovi sličnog porekla imaju slične vrednosti prinosa ulja. U radu Escalante-Estrada et al. (2016) prinos ulja je varirao od 90–920 kg/ha. Najniži prinos ulja su imali tretmani bez đubrenja azotom sa najvećim testiranim razmakom između redova (0.80 m), a najviši prinos ulja genotipovi posejani sa međurednim razmakom od 0.40 m kod kojih je primenjeno 100 kg azotnog đubrenja. Nasuprot njima, Starner et al. (1999) nisu utvrdili značajnost razlika u prinosu ulja između tretmana azotom (0–200 kg), iako je pri dozi od 100 kg/ha prinos ulja bio najviši. Ova grupa autora je zaključila da gustina setve uljane repice utiče na prinos ulja. Weymann et al. (2015) smatraju da je moguć uzrok smanjenja prinosa ulja u uslovima visoke temperature za vreme razvoja semena zbog manje stvaranja asimilata. Ovi autori su stava da interakcija različitih vremenskih promenljivih takođe utiče na prinos ulja.

3.1.1.2. Apsolutna masa semena

U poljoprivredi se informacija o masi semena koristi za selekciju, jer je jedna od glavnih komponenti koje utiču na prinos. Apsolutna masa semena kao jedna od komponenti prinosa se uglavnom predstavlja preko mase 1000 semena koja su suva, zdrava i bez oštećenja. Masa 1000 semena se definiše kao masa uzorka 1000 semena izražena u gramima. Ovaj podatak je veoma koristan i upotrebljava se za proračun optimalne količine semena za setvu, kao i za procenu prinosa. Agro-ekološkim uslovima sredine, datumom setve i đubrenjem je moguće uticati na masu 1000 semena (Petković et al., 2017).

Evolutivno posmatrano, masa semena je važna osobina imajući u vidu da se mala semena lako šire, dok veće seme obično poseduje bolju prilagođenost na stresove iz spoljne sredine (Li et al., 2015). Masa semena je povezana sa veličinom semena i često se izražava preko mase 1000 semena. Uljana repica ima masu 1000 semena 2–5.7 g (Elliot et al., 2008; Harker et al., 2015). Pokazano je da krupnoća semena ne utiče na nicanje, prinos i kvalitet semena iako je u pozitivnoj vezi sa masom 1000 semena (Harker et al., 2015). Ista grupa autora je uočila da veća gustina setve (150 u odnosu sa 75 semena po m²) utiče na povećanje mase 1000 semena. Iz ogleđa postavljenih na većem broju lokaliteta, Harkerov tim je zaključio da na većini lokaliteta prinos repice ne zavisi od mase semena korišćenog za setvu. Ivanovska et al. (2007) ističu da je masa semena u žetvi u pozitivnoj vezi sa prinosom. U dvogodišnjem ogledu sa različitim gustinama setve gde su korišćene sorte Banačanka, Slavica i eksperimentalni hibrid NS-H-R-2 je ustanovljeno da smanjenje gustine setve, odnosno manji

broj biljaka u žetvi, dovodi do smanjenja mase 1000 semena (Vujaković et al., 2015). Srednja temperatura tokom gajenja utiče na masu semena uljane repice (Hossain et al., 2019). Hossain et al. (2019) su zaključili da povećanje temperature utiče na manju masu semena. Biljke izložene temperaturnom stresu pre dostizanja fiziološke zrelosti imaju smanjenu masu semena (Rashid et al., 2018).

3.1.2. Kvalitet semena

3.1.2.1. Sadržaj ulja i proteina u semenu

Seme uljane repice ima oko 40–45% ulja. Za čovekovo zdravlje ulje uljane repice predstavlja drugo najbolje jestivo ulje, odmah nakon maslinovog (Saleem et al., 2020). Oba ulja su bogata oleinskom kiselinom, koja ih čini stabilnim prilikom prženja na visokim temperaturama. Promene u svesti i navikama potrošača su dovele do većih zahteva tržišta za zdravim jestivim uljem. Uljana repica se pre svega gaji zbog ulja, pa je tako sadržaj ulja u semenu najvažniji parametar u oceni kvaliteta. Sadržaj ulja predstavlja maksimalnu količinu ulja koja se može izdvojiti ekstrakcijom rastvaračima iz semena. Sadržaj ulja je kvantitativna osobina koja zavisi od genotipa, faktora spoljne sredine, boje semenjače. U dvogodišnjem ogledu sa 23 sorte ozime repice Tetteh et al. (2019) su potvrdili značajnost uticaja sorte i godine na sadržaj ulja. Analizom desetogodišnjih ogleda u Viktoriji, Australija je primećeno da spoljašnji faktori imaju veći uticaj na sadržaj ulja od izbora sorte (Pritchard et al., 2000). Visoke temperature tokom nalivanja semena nepovoljno utiču na sadržaj ulja. U takvim uslovima se stvara seme lošijeg kvaliteta. Sa povećanjem maksimalne temperature na proleće za 1°C sadržaj ulja jare repice se smanjuje za 0.38% (Pritchard et al., 2000). Koliko je fotosinteza važna za akumuliranje ulja u semenu pokazuju istraživanja na Arabidopsisu u kojima je dokazano da biljke gajene u uslovima sa više svetla imaju viši sadržaj ulja (Li et al., 2006). Fotosinteza u zidu ljuske uljane repice takođe utiče na sadržaj ulja semena (Hua et al., 2012). Analiziranjem efekta rokova setve i đubrenja azotom je potvrđen uticaj sorte i godine na sadržaj ulja (Marjanović Jeromela et al., 2019). Veća gustina setve utiče na povećanje sadržaja ulja u semenu uljane repice (Harker et al., 2015). Nasuprot njima, Tian et al. (2020) nisu utvrdili značajne razlike između gustine setve i sadržaja ulja. Mogući razlog odsustva ove veze može da bude postavka ogleda, obzirom da su ispitivali gustine setve sa većim međurednim razmakom. Kasniji rokovi setve jare repice, kao i vodni deficit za vreme cvetanja i nalivanja semena uzrokuju smanjenje sadržaja i prinosa ulja (Shirani Rad et al., 2014). U ogledima sa različitim dozama azotnog đubriva (0–150 kg/ha) je primećeno da se povećanjem doze đubriva smanjuje sadržaj ulja (Marjanović Jeromela et al., 2019). Sadržaj sumpora u zemljištu utiče na sadržaj ulja (Jankowski et al., 2008). Kozłowska-Strawska (2012) je primetila da je sadržaj ulja u semenu repice nizak u zemljištu koje ima visok i veoma visok sadržaj sumpora u formi sulfata. Ovo je verovatno posledica velikih nutritivnih zahteva repice za ovim makroelementom.

Obzirom na rast brojnosti ljudske populacije, tokom poslednje decenije je postala izraženija potreba za alternativnim izvorima proteina koji se koriste u ishrani. Proizvodnja proteina biljnog porekla je ekološki održiva i isplativa, pa je sve primetnija zamena proteina životinjskog porekla biljnim proteinima u prehrambenim proizvodima. Uljana repica je značajan biljni izvor proteina i kao takva predstavlja alternativu životinjskim izvorima proteina. Seme uljane repice sadrži 17–26% proteina, a obezmaščena sačma 36–44% (Barthet i Daun, 2011). Uz povećane tržišne zahteve za proteinima, koji ostaju nakon ekstrakcije ulja, repica je odličan izvor proteina zbog velikog obima proizvodnje kao i nutritivnih i funkcionalnih kvaliteta proteina. Imajući u vidu globalnu proizvodnju uljane repice u prethodnoj deceniji, godišnje se proizvede u proseku 10–14 miliona tona proteina iz repice (Wanasundara et al., 2016).

Proteini uljane repice se sastoje iz tri glavne frakcije: dve grupe rezervnih proteina – kruciferin (globulin) i napin (albumin), koji su glavni proteini kotiledona, i strukturni protein (membranski) oleozin. Kruciferin i napin čine 85–90% ukupnih proteina uljane repice (Campbell et al., 2016), pri čemu oko 60% čini kruciferin, a 20% napin (Höglund et al., 1992). Kruciferin i napin se razlikuju u pogledu amino-kiselinskog sastava, strukture, veličine i fizičko-hemijskih osobina. Kruciferin i napin

se sintetišu u formi prekursora na membranski vezanim ribozomima i transportuju iz endoplazmatičnog retikuluma preko Goldžijevoj aparata do vakuole. Proteinska tela se formiraju iz vakuole koja sadrži rezerve proteina (eng. *protein storage vacuole*) unutar koje se odigrava konačna obrada prekursora koja vodi akumulaciji zrele forme napina i kruciferina (Chrispeels, 1991). Ova proteinska tela štite akumulirane proteine od prerane razgradnje citoplazmatskim enzimima. Tokom klijanja se rezervni proteini brzo degradiraju kako bi se iskoristili kao izvor azota i ugljenika za sintezu novih komponenata u rastućem klijancu. U semenu su prisutni u manjim količinama i drugi nerezervni proteini poput proteina uljanih tela (oleozin, kaleozin i steroleozin), tripsinski inhibitori i proteini za transfer lipida (Wanasundara, 2011).

Saćma uljane repice je bogata mineralima, posebno kalcijumom, magnezijumom i fosforom, a sadrži i vitamine B₄ i E (Thies, 1994). Zbog prisustva glukozinolata, njihovih produkata degradacije i drugih antinutritivnih jedinjenja upotreba repičine sačme bogate proteinima kao dodatka u ishrani domaćih životinja je ograničena i zavisi od vrste, kategorije i uzrasta životinja. Obezmašćena repičina sačma zadovoljava nutritivne potrebe za proteinima brojlera, koka nosilja, kopitara i gajene ribe (Slominski et al., 2015). Repičina sačma se može koristiti i u prehrambenoj industriji kao sirovina u proizvodnji visokoproteinskih komponenti hrane. Iako već postoje komercijalizovani izolati repičinog proteina (Barker et al., 2002; Shi i Smolders, 2017), zaostajanje gorkog ukusa svakako predstavlja najveći izazov u komercijalizaciji repičinih proteina u okviru prehrambene industrije (Hald et al., 2019). Iako je poznato da glukozinolati i fenolne komponente daju gorak ukus repilinoj sačmi, nedavno je otkriveno da je kaempferol 3-O-(2''-O-sinapoil-β-soforozid) glavni molekul odgovoran za gorak ukus proteinskog izolata uljane repice (Hald et al., 2019). Tokom obrade sačme se koriste visoke temperature za uklanjanje heksana (ili drugih rastvarača) preostalog od ekstrakcije ulja. Visoka temperatura, pritisak pare i dužina toplotnog tretmana utiču na smanjenje sadržaja glukozinolata u repičinoj sačmi (Schumann, 2005). Imajući u vidu da se proteini na visokim temperaturama denaturišu, što smanjuje kvalitet sačme, potrebno je optimizovati procese proizvodnje da bi se našla zlatna sredina dužine izlaganja i visine temperature u cilju smanjenja sadržaja glukozinolata i očuvanja funkcionalnosti proteina.

Kod proteina biljnog porekla odnos i raznovrsnost amino kiselina zavisi od biljne vrste. Uljana repica ima bolje izbalansiran sastav amino kiselina u odnosu na druge uljane vrste, jer sadrži osam (od devet) esencijalnih amino kiselina (nema triptofan). Proteini uljane repice su bogati lizinom. U odnosu na soju, proteini repice imaju viši sadržaj cisteina i metionina, amino kiselina koje imaju sumpor u svojoj strukturi (Downey i Bell 1990). Metoda ekstrakcije proteina utiče na koncentraciju pojedinačnih amino kiselina. Ekstrakciju proteina stoga treba pažljivo prilagoditi nameni proizvoda za prehrambeni sektor. Proteini iz uljane repice se mogu koristiti u raznim proizvodima kao što su polimeri, premazi, adhezivi, deterdženti, lubrikanti (Bandara et al., 2017; Zhang et al., 2018). Uljana repica akumulira proteine tokom nalivanja semena, oko 24–28 dana nakon oprašivanja, kako bi zadržala azot u redukovanoj formi. Azot će opet biti korišćen tokom klijanja embriona.

Sadržaj proteina jare repice je niži u odnosu na ozime sorte (Verdejo i Calderini, 2020). On najviše zavisi od genotipa i proizvodne godine (Vujaković et al., 2014; Tetteh et al., 2019). Multilokacijskim ogledima u Australiji je konstatovano da na sadržaj proteina veći uticaj imaju faktori spoljne sredine nego genotip (Pritchard et al., 2000). Do istog zaključka su došli i Liersch et al. (2020), koji su utvrdili da efekat okruženja čini 50% od ukupne varijacije sadržaja proteina ozime uljane repice. Obilnije prolećne padavine i niže temperature za vreme nalivanja semena se nepovoljno odražavaju na sadržaj proteina (Pritchard et al., 2000). Obzirom da ovakve vremenske prilike pogoduju većoj akumulaciji ulja u semenu, Singer et al. (2016) su zaključili da je temperatura ta koja utiče na preraspodelu ugljenika u ćeliji, odnosno da li će se ugraditi u molekul proteina ili ulja. Podaci o uticaju gustine setve na sadržaj proteina se razlikuju u literaturi. Shrief et al. (1990) nisu primetili razlike u sadržaju proteina biljaka posejanih na različiti međuredni razmak (16 cm i 32 cm). S druge strane, sadržaj proteina je rastao sa većom gustinom setve. Nasuprot njima, Harker et al. (2017) su ustanovili da povećanje gustine setve dovodi do smanjenog sadržaja proteina. Međutim, Ozer (2003) i Vujaković et al. (2014) nisu utvrdili značajnost uticaja gustine setve na sadržaj proteina. Veća gustina setve, odnosno manji međuredni razmaci, smanjuju prinos pojedinačnih biljaka, ali zbog

većeg broja biljaka ukupan prinos na takvim parcelama bude veći. Optimalna gustina zavisi ne samo od genotipa, nego i od mikroklimatskih uslova samog lokaliteta, pa verovatno odatle potiču razlike u rezultatima navedenih autora. Većinom su autori navedenih radova oglede izvodili sa malim brojem genotipova i na maloj površini, pa se i u postavci samih ogleada može tražiti uzrok u dobijenim rezultatima.

3.1.2.2. Sastav i sadržaj masnih kiselina u ulju

Sirovo biljno ulje iz semena je sačinjeno uglavnom od triacilglicerola (TAG) i u manjim količinama slobodnih masnih kiselina, monoacilglicerola, diacilglicerola, fosfolipida, tokohromanola (tokoferola i tokotrienola), karotena, hlorofila, vitamina rastorljivih u ulju, tragova metalnih jona. U nastavku će biti razmatrani TAG, odnosno masne kiseline, i tokoferoli, kao najvažniji sastojci ulja.

TAG čine tri više masne kiseline povezane estarskom vezom za glicerol. Oni su glavni oblik rezervnih lipida u biljnoj ćeliji. Sastav triacilglicerola, tj. masno-kiselinski sastav određuje kvalitet i fizičko-hemijske karakteristike biljnog ulja.

Masne kiseline se u semenu uljanih biljnih vrsta sintetišu od acetil-CoA, zbog čega većina masnih kiselina ima paran broj ugljenikovih (C) atoma. Sinteza masnih kiselina se odvija u plastidima, odakle se dalje transportuju u citoplazmu, gde se na endoplazmatičnom retikulumu obrazuje konačna forma triacil glicerola (TAG). Masne kiseline su organske monokarboksilne kiseline, što znači da u svojoj strukturi imaju jednu karboksilnu grupu, od koje i kreće brojanje atoma ugljenika. Obzirom da ulaze u sastav masti, ulja i voskova, više kiselina se nazivaju masnim. Njihov ugljovodnični lanac je nerazgranat. Prema broju C atoma, karboksilne kiseline se dele na niže (sa manjim) i više kiselina (sa većim brojem C atoma). Masne kiseline mogu biti zasićene i nezasićene. Zasićene sadrže samo jednostruke veze u svojoj strukturi, dok nezasićene imaju jednu, ili više dvostrukih veza. U skraćenom nazivu masnih kiselina stoji broj ugljenikovih atoma i broj dvostrukih veza, pa tako oznaka oleinske kiseline C18:1 znači da ima 18 atoma ugljenika i jednu dvostruku vezu. Masne kiseline prisutne u biljnim uljima se nalaze u *cis* konfiguraciji, dok *trans* forma nastaje prerađivanjem, odnosno hidrogenizacijom. Iako je karboksilna grupa polarna, rastvorljivost masnih kiselina u vodi se smanjuje sa povećanjem dužine ugljovodničkog lanca, koji je nepolaran. Masti i ulja su izvor esencijalnih masnih kiselina, linolne (ω -6) i linolenske (ω -3), koje ljudski organizam ne može da stvara sam nego ih je zbog važne uloge u organizmu potrebno unositi hranom. Snižavanjem nivoa lošeg holesterola ω -3 masne kiseline štite srce i krvne sudove. Odnos ω -6 i ω -3 masnih kiselina u repičinom ulju je 2:1 i smatra se nutritivno idealnim. U ishrani savremenog čoveka odnos ove dve grupe masnih kiselina je 15:1, što utiče na razvoj raznih patoloških stanja, od kardiovaskularnih bolesti, osteoporoze do autoimunih bolesti (Simopoulos et al., 2006).

Sledećih pet masnih kiselina su najzastupljenije u ulju većine uljanih biljnih vrsta: palmitinska (C16:0), stearinska (C18:0), oleinska (C18:1), linolna (C18:2) i linolenska (C18:3). Prisustvo drugih masnih kiselina je nešto ređe i često su specifične za pojedina biljna ulja. Tako, masne kiseline srednje dužine (MCFA-medium chain fatty acids), koje imaju 8–14 ugljenikovih atoma, mogu da se koriste u proizvodnji sapuna, deterdženata, maziva i biogoriva (Dyer et al., 2008).

Za razliku od masti, koje su na sobnoj temperaturi u čvrstom agregatnom stanju, ulja su tečna na sobnoj temperaturi. Ulje uljane repice ima niži sadržaj zasićenih masnih kiselina u odnosu na druga ulja za kuvanje. Bogato je nezasićenim masnim kiselinama, a posebno mononezasićenim, koje imaju jednu, ili više dvostrukih veza, koje su u *cis* konfiguraciji. Zamena zasićenih masti sa nezasićenim kakvo je npr. repičino ulje je dobro za zdravu, izbalansiranu ishranu, jer smanjuje nivo holesterola u krvi i smanjuje rizik od srčanih bolesti. Ulje uljane repice je oleinskog tipa. Masne kiseline koje ulaze u sastav repičinog ulja su većinom dugog lanca (16–18 ugljenikovih atoma). Oko 95% masnih kiselina njenog ulja čine oleinska, linolna, linolenska i palmitinska kiselina (Tabela 4). Lee et al. (1998) su detektovali arahidonsku, gadoleinsku, behensku i eruka kiselinu u tragovima u ulju uljane repice.

Tabela 4. Masno kiselinski sastav ulja uljane repice

M.K.	Matthaeus i Bruehl (2003)	El-Beltagi, H.S. i Mohamed, A.A. (2010)	Rad i Zandi (2012)		Kraljić et al. (2018)	Cartea et al. (2019)		Ozturk (2019)	Kostadinović Veličkowska et al. (2015)
			jara	ozima		lokalne sorte	komercijalne sorte		
C16:0	<5%	2.18–7.91%	3.55–4.35%	3.96–4.51%	0.2%	2.95%	4.43%	4.92%	4.84%
C18:0	<3%	11.09–14.93%	1.70–2.30%	1.54–2.02%	1.5%	0.58%	1.16%	1.94%	1.71%
C20:0	<1%	-	0.56–0.68%	0.31–0.68%	0.5%	-	-	-	0.55%
C22:0	<1%	-	-	-	0.3%	-	-	-	-
TS	6.3%	15.85–20.5%	-	-	2.5%	3.53%	5.59%	6.86%	7.1%
C18:1	50.9–61.5%	56.31–58.67%	63.62–67.38%	63.70–67.07%	60.9%	12.37%	61.64%	64.8%	59.16%
C20:1	2%	0.93–1.69%	0.24–0.24%	0.10–0.16%	1%	8.27%	1.1%	-	1.28%
C22:1	0.04–2.17%	0.15–0.91%	0.12–0.39%	0.11–0.38%	-	49.83%	0.02%	-	-
C24:1	-	0.12–0.34%	-	-	-	-	-	-	-
MUFA	-	58.22–60.27%	-	-	61.9%	70.47%	62,76%	64.8%	60.44%
C18:2	17.3–28.6%	10.52–13.74%	15.87–19.06%	17.33–18.21%	20.9%	12.72%	20.54%	17.75%	20.19%
C18:3	7.4–12.4%	8.83–10.32%	8.06–9.76%	7.54–8.89%	9.6%	8.26%	9.12%	1.17%	9.29%
PUFA	-	19.35–24.06%	-	-	30.5%	20.98%	29.66%	18.92%	29.48%
TUS	-	78.99–83.73%	-	-	92.40%	91.45%	92.42%	83.72%	89.92%

M.K. masne kiseline, TS ukupne zasićene, MUFA ukupne mononezasićene, PUFA ukupne polinezasićene, TUS ukupne nezasićene

Kvalitet ulja zavisi i od sadržaja i od sastava masnih kiselina. Prisustvo i pozicija dvostruke veze u masnoj kiselini utiče na oksidativnu stabilnost ulja (Kamal-Eldin, 2006). Mononezasićene masne kiseline imaju veću oksidativnu stabilnost u odnosu na polinezasićene masne kiseline, što ih čini pogodnijim za procesovanje (O'Keefe et al., 1993). Ulja koja sadrže manje od 10% polinezasićenih masnih kiselina su stabilnija u odnosu na ulja koja sadrže veći udeo navedenih masnih kiselina (Velíšek, 2014).

Sa stanovišta zdravlja, sadržaj zasićenih masnih kiselina u uljima bi trebao da bude što niži. U odnosu na druga biljna ulja, ulje uljane repice ima najniži nivo zasićenih tzv. „loših“ masti, koje podižu nivo „lošeg“, a snižavaju nivo „dobrog“ holesterola u krvi. Nasuprot tome, za industrijsku proizvodnju margarina od repičinog ulja je poželjan što viši sadržaj zasićenih masnih kiselina. Tada se koristi ulje uljane repice standardnog kvaliteta koje se ili meša sa drugim biljnim uljima bogatim zasićenim masnim kiselinama (npr. palmino, kokosovo ulje), ili hidrogenizuje (Schnurbusch et al., 2000). Hidrogenizovanjem se stvaraju *trans* masti, koje su štetne za čovekovo zdravlje. Sadržaj C16:0 linija dobijenih mutagenozom i genetičkim inženjeringom može biti čak 9–40% od ukupnih masnih kiselina u ulju (Schnurbusch et al., 2000; Abbadi i Leckband, 2011).

Ulje „00“ ozime i jare repice ima sličan masno-kiselinski sastav (Jankowski et al., 2015). U ulju uljane repice se nalazi 56–68% oleinske, 17–21% linolne i 7–10% linolenske kiseline (Pritchard et al., 2000; Koprna et al., 2006; Sakhno, 2010; Adjonu et al., 2019). Jedan od ciljeva oplemenjivanja uljane repice je poboljšanje kvaliteta njenog ulja preko izmena sadržaja pojedinih masnih kiselina. Oplemenjivački programi se mahom fokusiraju na oleinsku i eruka kiselinu, kao i na masne kiseline srednje dužine lanca.

Oleinska kiselina je mononezasićena masna kiselina i u prirodi najzastupljenija u maslinovom ulju. Repičino ulje se često poredi sa maslinovim, jer oba karakteriše visok nivo oleinske kiseline, dok je sadržaj linolne i α -linolenske kiseline viši kod uljane repice (Vingering et al., 2010). U endoplazmatičnom retikulumu oleinska kiselina može desaturacijom da pređe u nezasićene masne kiseline linolnu i linolensku. U procesu desaturacije učestvuju enzimi desaturaze FAD2 i FAD3. Sa druge strane, na istom mestu je moguće da dođe do elongacije lanca oleinske kiseline, te se u prisustvu enzima elongaze, FAE1 formiraju masne kiseline dugog lanca, gondoinska i eruka kiselina (Li-Beisson et al., 2013). Sazrevanjem semena raste nivo oleinske, a smanjuje se sadržaj linolne i linolenske kiseline (Rakow i McGregor, 1975). Kvalitet ulja uljane repice je određen oleinskom, linolnom i eruka masnom kiselinom. Sadržaj masnih kiselina je moguće menjati različitim metodama, od klasičnog ukrštanja, preko mutageneze, genetičkim inženjerstvom, ili CRISPR/Cas9 tehnikom. Primenom mutageneze su stvorene visokooleinske sorte repice sa preko 70% oleinske kiseline (Spasibionek, 2006; Gorlov et al., 2015), uključujući i liniju sa super visokim sadržajem oleinske kiseline od oko 85% (Long et al., 2018). Pored visokooleinskih, razvijene su i sorte uljane repice sa sniženim nivoom linolenske kiseline (manje od 3.5%) (Baux et al., 2013). Smanjen sadržaj linolenske kiseline pozitivno utiče na oksidativnu stabilnost ulja. Visokooleinske sorte repice su bogate mononezasićenom oleinskom kiselinom, imaju nizak sadržaj zasićenih masnih kiselina, kao i nizak odnos ω -6/ ω -3 masnih kiselina. Sorte uljane repice bogate oleinskom i sa niskim sadržajem linolenske kiseline tzv. HOLL su dobijene mutagenozom, tretmanom sa etil metansulfonatom (EMS) (Singer et al., 2014). Dalje razvijani mutanti sa visokim sadržajem oleinske kiseline imaju nefunkcionalan FAD2 gen, koji kodira enzim desaturazu, neophodan za konverziju oleinske kiseline do linolne. Međutim, pored poboljšanih osobina kvaliteta, novonastale sorte zaostaju po prinosu u odnosu na standardne sorte uljane repice (Abbadi i Leckband, 2011). Nastale promene u sadržaju oleinske i linolenske kiseline HOLL sorti čine ovakvo ulje stabilnijim za prženje na visokim temperaturama u odnosu na standardno repičino ulje. Senzorne karakteristike HOLL repičinog ulja su iste kao kod visokooleinskog suncokretovog ulja. Američka Uprava za hranu i lekove je potvrdila da unos oleinske kiseline iz jestivih ulja kao što su maslinovo, suncokretovo, ili repičino, može da smanji rizik od koronarne bolesti srca pod uslovom da se time ne poveća ukupni broj kalorija koji se unosi (FDA, 2018). Ova tvrdnja podrazumeva unos jedne i po kašike ulja (oko 20 g) dnevno uz pridržavanje preporučenom dnevnom unosu kalorija.

Obzirom na znatan uticaj faktora spoljne sredine na sadržaj masnih kiselina u semenu, klasičan odabir HOLL mutanata baziran na rezultatima gasne hromatografije može biti nepouzdan. Zbog toga se za oplemenjivanje HOLL genotipova sve više koristi marker asistirana selekcija (Delourme et al., 2006).

Upotrebom molekularnih markera je otkriven jedan major QTL na hromozomu A5, koji je odgovoran za visok sadržaj oleinske kiseline i dva major QTL-a na A4 i C4 hromozomima uljane repice, koji su vezani sa nizak sadržaj linolenske kiseline (Yang et al., 2012). Visok sadržaj oleinske kiseline produžuje rok trajanja ulju, bez potrebe za hidrogenizacijom, a pored toga povoljno deluje na toplotnu stabilnost. Visoka oksidativna stabilnost visokooleinskih sorti uljane repice im pruža prednost na tržištu kao zamena za masti i ulja koja imaju *trans* masti. Testiranjem visokooleinskih tipova ozime repice na tri različita lokaliteta Schierholt i Becker (2001) su zaključili da je sadržaj oleinske kiseline stabilna osobina za razliku od sadržaja ulja.

Povećanje plodnosti zemljišta povoljno utiče na povećanje sadržaja oleinske kiseline u semenu uljane repice (Kozłowska-Strawska, 2012). Kasna setva i suša uzrokuju niži sadržaj oleinske kiseline u ulju (Shirani Rad et al., 2014).

Repičino ulje sa prosečnih 7–10% linolenske kiseline nije stabilno za prženje. Oksidacijom linolenske kiseline hrana poprima neprijatan ukus na ribu, ili travu, ova vrsta kvarenja ulja poznata je kao reverzija ukusa i mirisa, dok se oksidacijom linolne kiseline stvara užegao ukus. Zbog lake oksidacije linolne i linolenske kiseline, teži se smanjenju njihovog udela oplemenjivanjem i metodama genetičkog inženjerstva. Prva sorta uljane repice sa sniženim sadržajem C18:3, Stellar stvorena je u Kanadi i bila je jara forma (Scarth et al., 1988).

Eruka kiselina (C22:1) je mononezasićena masna kiselina dugog lanca. Porodica kupusnjača, a posebno seme uljane repice i braon slačice su prirodni izvori eruka kiseline u kojima je prisutna u većoj količini (Vetter et al., 2020). Manje količine ove kiseline se prirodno nalaze u ribi i morskim plodovima. Ishrana namirnicama koje su bogate eruka kiselinom ima štetan efekat na ljudsko zdravlje, pre svega na funkciju srčanog mišića. Evropska agencija za bezbednost hrane je utvrdila da je za ljude bezbedna dnevna količina unosa eruka kiseline od 7 mg/kg telesne mase (Knutsen, 2016). Sadržaj eruka kiseline veoma varira unutar vrste. U industrijske svrhe (u proizvodnji boja, lakova, maziva, biodizela) se koriste sorte repice bogate eruka kiselinom, kod kojih eruka kiselina čini preko 50% ukupnih masnih kiselina. Linije početnog oplemenjivačkog materijala imaju nizak sadržaj eruka kiseline, niži od 5%. Oplemenjivanjem za svrhu ljudske upotrebe stvorene su sorte kanola tipa kvaliteta kod kojih je postignuto smanjenje sadržaja eruka kiseline ispod 2%, odnosno na količinu koja je toliko mala da se ne može detektovati gasnom hromatografijom. Smanjenje sadržaja eruka kiseline u ulju uljane repice je dovelo do posledičnog povećanja sadržaja oleinske kiseline, što ga čini bliskim maslinovom ulju po kvalitetu. Prilikom oplemenjivanja na visok sadržaj ulja, ili poboljšan masno-kiselinski sastav treba imati u vidu njihovu međusobnu vezu.

Istražujući efekat $G \times E$ interakcija na kvalitet semena u ogledu sa šest okruženja (dva lokaliteta tokom tri godine gajenja), Liersch et al. (2020) su zapazili da gotovo 90% varijacije u sadržaju oleinske kiseline je objašnjeno glavnim efektom genotipa, dok okruženje utiče na manje od 2% ukupne varijacije. Sličan obrazac u raspodeli varijacije su primetili i za sadržaj linolne i linolenske kiseline (Liersch et al., 2020). Temperatura utiče na sadržaj masnih kiselina u repičinom ulju. Schulte et al. (2013) su uočili da se sa povećanjem temperature tokom nalivanja semena povećava udeo oleinske kiseline, a udeo linolne i linolenske se smanjuje. Povećanje temperature za 1°C vodi povećanju oleinske kiseline za oko 2% (Demurin et al., 2000). Pritchard et al. (2000) su utvrdili da je sadržaj linolenske kiseline u srednje jakoj pozitivnoj korelaciji sa količinom padavina, a u negativnoj sa maksimalnom temperaturom. Veće temperature za vreme nalivanja semena utiču na veći udeo mononezasićenih i manji udeo polinezasićenih masti (Yaniv et al., 1995; Schulte et al., 2013). Gajenje uljane repice u uslovima navodnjavanja utiče na smanjenje sadržaja oleinske kiseline, dok se sadržaj linolne kiseline povećava (Omid et al., 2010). S druge strane, vodni deficit utiče na povećanje sadržaja oleinske i smanjenje sadržaja linolne kiseline (Hammac et al., 2017). Keshavarz je uočio da se u uslovima vodnog deficita povećava nivo zasićenih masnih kiselina (2020). Iz ovoga sledi da vodni deficit, odnosno gajenje uljane repice u uslovima suše, utiče na razlike u sastavu komponenti

masnih kiselina biljaka iz različitih uslova gajenja. Takođe, stres uzrokovan sušom može imati za posledicu smanjen nivo oleinske kiseline usled smanjene desaturacije stearinske kiseline (Aslam et al., 2009). Moguće je da faktori spoljne sredine ne utiču samo na metaboličke procese u pogledu smanjenja enzimске aktivnosti, nego i do promena koje se tiču transporta unutar ćelije (Keshavarz, 2020).

Za analize lipida se najčešće koristi gasna hromatografija sa plameno jonizujućim detektorom (eng. FID *flame ionizing detector*). Gasnom hromatografijom se razdvajaju komponente smeše između stacionarne tečne i mobilne gasovite faze (gas nosač). Ovakvo razdvajanje je moguće samo za jedinjenja koja su u gasovitom stanju, ili se mogu prevesti u ovakvo stanje. Pre analize masnih kiselina gasnom hromatografijom je neophodno njihovo prevođenje u komponente veće termalne stabilnosti i isparljivosti, kao što su npr. metil-estri. Time se doprinosi njihovom lakšem ispiranju sa kolone za hromatografiju, pa je moguće razdvajanje komponenti slične molarne mase, pa čak i izomera. Najčešće se kao gas nosač koriste helijum, azot, argon i vodonik, koji moraju biti hemijski inertni prema analitima.

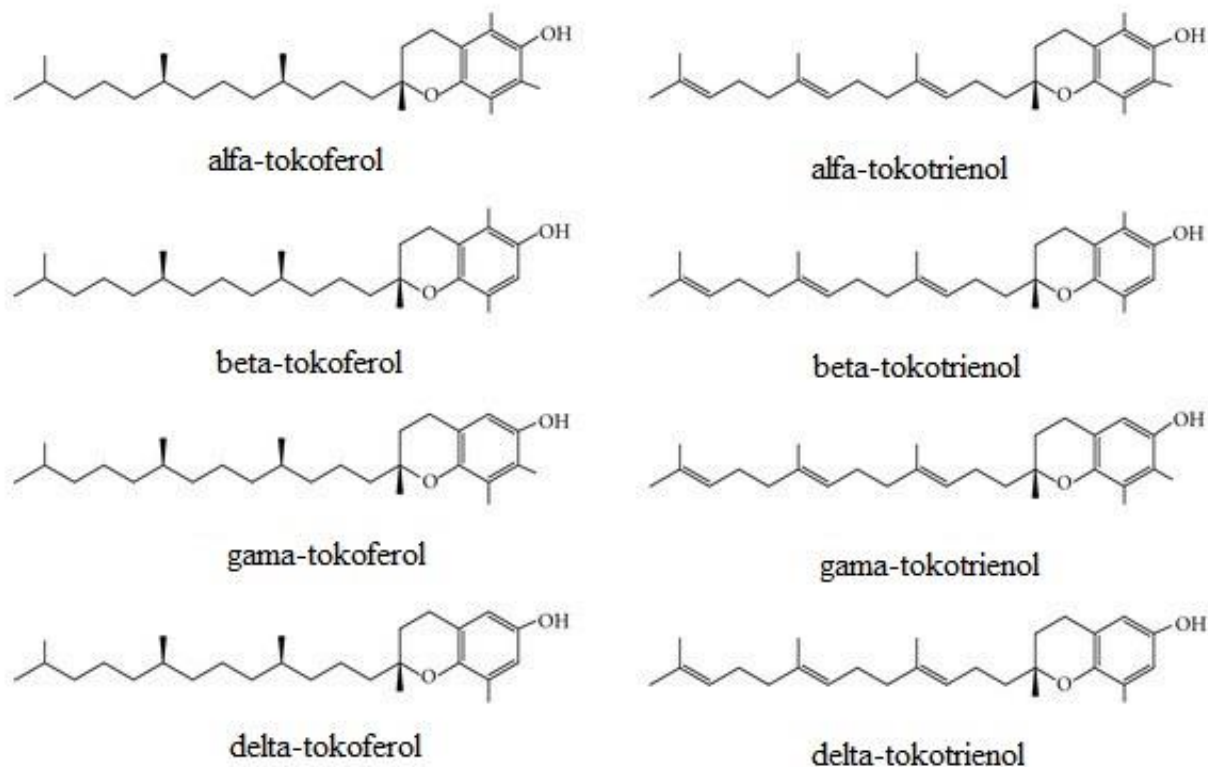
3.1.2.3. Sadržaj tokoferola

Kao što je rečeno, TAG su dominantni sastojci biljnog ulja, a negliceridne komponente su prisutne u malim količinama, oko 2%. Negliceridni deo ulja se deli na osapunjive i neosapunjive materije koje ulaze u njegov sastav. Osapunjivi su fosfolipidi, a neosapunjivi tokoferoli, steroli, pigmenti, ugljeni hidrati. Većina ovih jedinjenja se delimično uklanja iz sirovog ulja tokom procesa rafinacije. U ovom radu su izdvojeni i detaljnije opisani samo tokoferoli, kao najznačajnija negliceridna komponenta ulja.

Tokohromanoli (tokoli) su molekuli sa antioksidativnim osobinama rastvorljivi u mastima. Sintetišu se jedino u ćelijama organizama koji vrše fotosintezu, biljkama i cijanobakteriofitama. Tokohromanoli se dele u dve glavne grupe:

1. Tokoferoli, koji imaju zasićen hidrofobni rep i
2. Tokotrienoli, koji poseduju dvostruke veze na trećem, sedmom i jedanaestom ugljenikovom atomu.

Oni predstavljaju grupu amfipatičnih molekula (poseduju polaran i nepolaran deo molekula). Amfipatični molekuli su biološki korisni, jer mogu da interaguju i sa polarnim i sa nepolarnim supstancama. Vitamin E postoji u osam različitih formi, četiri tokoferola i četiri tokotrienola (Slika 3). Tokoferoli i tokotrienoli su monofenoli koji postoje u α , β , γ i δ formi, koju određuje broj i pozicija metil grupe na hromanolskom prstenu. Za sve je zajedničko postojanje prstena hromanola sa hidroksilnom grupom i hidrofobnog bočnog lanca koji omogućava pokretljivost u biološkim membranama. Hidroksilna grupa hromanolskog prstena je donor vodonika pri redukciji slobodnih radikala. Hvatanje reaktivnih kiseonikovih i azotovih radikala je vrlo značajno, jer se na taj način štite lipidi ćelijske membrane od peroksidacije. Nakon reakcije sa slobodnim radikalima, tokoferoli se brzo regenerišu od strane drugih antioksidanata u ćeliji (Fritsche et al., 2017). Kod fotosintetičkih organizama, tokoferoli su važni antioksidanti koji štite mono- i polinezasićene masne kiseline od lipidne peroksidacije što je posebno izraženo tokom klijanja semena. Prisustvo ovih prirodnih antioksidanata u biljnom ulju i prerađenim proizvodima (margarinima, salatnim prelivima, majonezima) je važno zbog benefita za ljudsko zdravlje. Nedostatak α -tokoferola u membranama dovodi do njihove veće propustljivosti.



Slika 3. Hemijska struktura različitih formi tokoferola i tokotrienola

Vitamin E je esencijalni mikronutrijent za ljude i ostale sisare. To znači da oni ne mogu sami da ga sintetišu, već mora da se unosi preko hrane. Tokotrienoli su primarna forma vitamina E u endospermu semena većine monokotila, uključujući agronomski važne žitarice poput pšenice, ječma i pirinča. Nalaze se u endospermu nekih dikotila iz porodica *Apiaceae* i *Solanaceae*. Ova jedinjenja se retko sreću u vegetativnim tkivima biljaka. Nasuprot tokotrienolima, tokoferoli su širom rasprostranjeni u biljnim tkivima i predstavljaju glavnu formu vitamina E u listovima i semenu većine dikotiledonih biljaka. Locirani su u delovima ćelije bogatim lipidima (npr. ćelijska membrana, mitohondrijalna membrana), depovima masti i lipoproteinima poput LDL (lipoprotein male gustine) holesterola. α -tokoferol, koji se nalazi u zelenim delovima biljke, je najzastupljenija forma vitamina E u prirodi. Brojni su benefiti tokoferola za zdravlje ljudi, u prevenciji određenih tipova raka, srčanih bolesti i drugih hroničnih oboljenja. Zavisno od starosne dobi, preporučeni dnevni unos vitamina E je 3–15 mg (Szymańska et al., 2020). Povećan unos vitamina E je povezan sa smanjenjem rizika od srčanih oboljenja. Nedostatak vitamina E može uticati na slabljenje imunog sistema, malokrvnost, neuromišićne i neurološke probleme. Ova pojava je retka, jer se ishranom uglavnom unose dovoljne količine vitamina E.

Naziv tokoferola je vezan za način na koji su otkriveni. Naime, istraživanjem razmnožavanja pacova je uočeno da su tokoferoli važni za ishranu pacova kako bi se održala njihova reproduktivna moć (Evans i Bishop, 1922). Na grčkom *τόκος* (tokos) znači rođenje, a *φέρειν* (ferein) doneti, dok nastavak -ol ukazuje na alkoholnu komponentu, pa tako u bukvalnom prevodu tokoferol znači roditi, doneti na svet. Tokom procesa rafinacije ulja, kada se između ostalog uklanjaju i razne nepoželjne komponente koje utiču na boju i ukus ulja, količina tokoferola se smanjuje (Wu et al., 2019). Sadržaj tokoferola se razlikuje u uljima dobijenim različitim tehnikama ekstrakcije. Pokazano je da je njihov sadržaj viši u sirovom ulju dobijenom ekstrakcijom rastvaračima u odnosu na sirovo ulje dobijeno presovanjem (Van Hoed et al., 2010). Moguće je da se tokoferoli bolje ekstrahuju sa organskim rastvaračima.

Glavni izvor vitamina E u ljudskoj ishrani predstavljaju biljna ulja, koja sadrže 70–1900 mg tokoferola po kilogramu ulja (Gliszczynska-Swigło i Sikorska, 2004). Lipidna frakcija uljanih

semena i orašastih plodova je primarni prirodni izvor tokoferola i tokotrienola. Prisutni su u voću i povrću, ali je njihova količina zanemarljiva zbog niskog sadržaja lipida. Ipak, semena i prerađeni biljni proizvodi mogu biti alternativni izvori jestivih ulja sa značajnim sadržajem tokola.

Ulje semena uljane repice sadrži oko 64% γ -tokoferola, 35% α -tokoferola i manje od 1% δ -tokoferola (Goffman i Becker, 1998; Marwede et al., 2005). α -tokoferol ima najveću biološku snagu (Ortíz et al., 2006). Ispoljava antiinflamatornu aktivnost i modulira ekspresiju proteina uključenih u metabolizam holesterola (Wallert et al., 2014). Goffman i Becker (2002) su utvrdili da je variranje sadržaja α -tokoferola tokom dve godine ispitivanja bilo 63–157 mg/kg. U njihovoj analiziranoj kolekciji je HOLL mutant imao najvišu vrednost odnosa α - i γ -tokoferola. Veoma niske vrednosti α - i γ -tokoferola su izmerene u kontrolnim uzorcima linija uljane repice žutog zrna u eksperimentu u kom je testiran uticaj visokih temperatura pečenja semena na sadržaj i sastav tokoferola (Siger et al., 2017). U ovom ogledu netretirano seme linija (bez izlaganja visokim temperaturama) je imalo 29–33 g/kg α - i 35–39 g/kg γ -tokoferola, a sadržaj ukupnih tokoferola je bio 65–73 g/kg. S druge strane, Marwede et al. (2002) navode znatno veći opseg variranja sadržaja α -tokoferola 80–870 mg/kg. Siger et al. (2017) su zaključili da pečenjem na 140°C u trajanju od 5 i 10 minuta se sadržaj α - i γ -tokoferola značajno smanjuje.

γ -Tokoferol je najpotentnija izoforma tokoferola u pogledu antioksidativne aktivnosti. Sadržaj γ -tokoferola uljane repice, lanika, i soje je viši od sadržaja α -tokoferola (Grilo et al., 2014; Schwartz et al., 2008). Količina γ -tokoferola uljane repice je u rasponu 114–291 mg/kg (Goffman i Becker, 2002; Wu et al., 2019). Kao i α -tokoferol, ispoljava antiinflamatornu aktivnost i inhibira kancerogenezu (Ju et al., 2010). Sadržaj tokoferola je različit u različitim sortama i hibridima uljane repice i u pozitivnoj je korelaciji sa visokim temperaturama i kraćim danom (Marquard, 1985). Sadržaj ukupnih tokoferola u ulju uljane repice varira od 210 do 1200 mg/kg (Marwede et al., 2002). Rezultati ukupnih tokoferola od Dolde et al. (1999) su takođe visoki, uz manji opseg variranja 504–687 mg/kg. Goffman i Becker (2002) su utvrdili da je variranje ukupnih tokoferola u njihovom materijalu 182–367 mg/kg. Oni su primetili da visokooleinski mutanti imaju viši sadržaj ukupnih tokoferola u odnosu na sorte uljane repice standardnog kvaliteta. Na sadržaj tokoferola utiču klimatski faktori, godina gajenja, sorta, skladištenje semena, kao i način ekstrakcije ulja (Adjonu et al., 2019). Procenjuje se da se tokom rafinacije ulja, do kraja faze deodorizacije izgubi oko 25% ukupnih tokoferola (Ergönül i Köseoğlu, 2014).

Do sada je razvijen veći broj metoda za određivanje sadržaja homologa i izomera vitamina E. Nedavno je utvrđena mogućnost korišćenja bliske infra-crvene spektroskopije, kao nedestruktivne metode za predviđanje sadržaja tokoferola (Xu et al., 2019). Tečna hromatografija visokog stepena razdvajanja (HPLC) na normalnim, ili reverznim fazama za razdvajanje sa UV i /ili fluorescentnim detektorom se najčešće koriste za analize tokoferola. Kolone na HPLC hromatografu sa normalnim fazama omogućuju razdvajanje svih tokoferola, dok se hromatografijom na reverznim fazama ne mogu u potpunosti razdvojiti β - i γ -tokoferoli (Gliszczynska-Swigło i Sikorska, 2004). Korišćenjem hromatografije na normalnim fazama je moguće analizirati veće količine lipida, koji se lako ispiraju nepolarnim rastvaračima, pa se ona dosta koristi za direktne analize masti i ulja (Rupérez et al., 2001). Sadržaj i sastav tokoferola je moguće analizirati i gasnom hromatografijom. Ona se ređe koristi jer je neophodno prethodno derivatizovati uzorke, što može dovesti do razgradnje tokoferola usled visokih temperatura na kojima se odvija proces derivatizacije (Saini i Keum, 2016).

3.2. Komponente fenotipske varijanse i heritabilnost prinosa i kvaliteta semena uljane repice

Merenjem nekog svojstva individue se dobijaju fenotipske vrednosti, koje čini genotipska vrednost uz određeno odstupanje nastalo zbog dejstva faktora iz spoljne sredine. Vrednost fenotipske varijanse ukazuje istraživačima na to kako se određeno svojstvo ponaša, odnosno reaguje na promene u spoljnoj sredini, te da li individua ima potencijal da odgovori na prirodnu, ili veštačku selekciju. Fenotipska varijansa (V_F) predstavlja zbir varijansi genotipa (V_G), spoljne sredine (V_E) i njihove interakcije ($V_{G \times E}$). Genetička varijansa je posledica razlika između genotipova, sredinska je uzrokovana samo efektom spoljne sredine na genotipove, a varijansa interakcije genotip–spoljna

sredina se odnosi na različite reakcije genotipova na promene faktora spoljne sredine. Genetička varijansa se dalje može razložiti na aditivnu (V_A), dominantnu (V_D) i komponentu interakcije (epistatičku varijansu) (V_I). Uticaj faktora spoljne sredine na variranje fenotipa je mnogo izraženije kod kvantitativnih osobina u odnosu na kvalitativne osobine. Vrednosti genetičke varijanse su obično manje od fenotipske varijanse zbog uticaja faktora spoljne sredine na ekspresiju osobina (Marjanović Jeromela et al., 2011).

$$V_F = V_G + V_E + V_{G \times E} \quad (1)$$

$$V_G = V_A + V_D + V_I \quad (2)$$

Nakon utvrđivanja genetičke varijanse koja utiče na ispoljavanje svojstva se može izračunati heritabilnost. Heritabilnost, ili nasledljivost osobine, predstavlja odnos genetičke i fenotipske varijanse. Drugim rečima, heritabilnost u širem smislu pruža uvid u odnos genetičkih i faktora spoljne sredine na ispoljavanje fenotipa nekog svojstva. Vrednost heritabilnosti nije jedinstvena za osobinu, već se menja sa promenom sredine (lokaliteta, godine i sl.).

3.2.1. Prinos i komponente prinosa

Prinos semena je kvantitativna osobina kontrolisana većim brojem gena, koji pojedinačno imaju mali efekat. Ova osobina ima visoku heritabilnost (Luo et al., 2017a). Luo et al. (2017a) su utvrdili da je nasledljivost mase 1000 semena visoka, dok je u radu Marjanović Jeromela et al. (2011) srednja, a za prinos semena po biljci niska. Marjanović Jeromela et al. (2011) su istakli da su vrednosti genetičke i fenotipske varijanse za masu 1000 semena i broj bočnih grana po biljci bile najniže, dok su za druge komponente prinosa poput broja ljuski po biljci, visinu biljke i visinu do prve bočne grane bile visoke.

3.2.2. Kvalitet semena

Heritabilnost sadržaja ulja u širem smislu je srednja do visoka (Wu et al., 2006; Marjanović Jeromela et al., 2011). Nasledni majčinski i citoplazmatični genetički efekti su glavni u kontroli sadržaja ulja uljane repice (Wu et al., 2006). Genotip majke ima veliki uticaj na sadržaj ulja F1 hibrida (Hua et al., 2012). Sadržaj ulja je poligena osobina u čiju kontrolu je uključeno barem 14 genskih lokusa za kvantitativna svojstva (QTL) (Ecke et al., 1995; Burns et al., 2003; Qiu et al., 2006; Zhao et al., 2008; Rahman et al., 2013), od kojih većina pokazuje interakciju genotip–spoljna sredina (Qiu et al., 2006, Zhao et al., 2008). Rezultati QTL mapiranja ukazuju da su aditivni efekti glavni faktori koji doprinose varijaciji sadržaja ulja (Delourme et al., 2006). Marjanović Jeromela et al. (2011) su izračunali da je nasleđivanje sadržaja proteina srednje.

Nasleđivanje sadržaja α -, γ - i ukupnih tokoferola je srednje do visoko (Marwede et al., 2004; Wang et al., 2012).

Nasleđivanje sadržaja linolenske kiseline u ulju je poligeno i pod jakim uticajem okruženja (Sommers et al., 1998). Pleines i Friedt (1988) su utvrdili da sadržaj oleinske i stearinske kiseline imaju visoku heritabilnost ($H^2 > 0.9$). Sinteza eruka kiseline je kontrolisana sa dva gena, od kojih svaki ima pet alela. Ovi geni pokazuju aditivan efekat (Harvey i Downey, 1964). Luo et al. (2017b) su ustanovili da sadržaj ulja, eruka i linolenske kiseline imaju heritabilnost veću od 0.8, dok prinos semena, masa semena i sadržaj proteina imaju nešto manje vrednosti 0.7–0.8.

3.3. Analiza interakcije genotipa i spoljne sredine primenom AMMI analize za prinos i kvalitet semena uljane repice

Različiti genotipovi imaju različit obrazac odgovora na uslove koji vladaju na mikrolokalitetima zavisno od klimatskih faktora, kvaliteta zemljišta, dubrenja. Do ovakvih različitih odgovora genotipova dolazi usled interakcije genotip–okolina. Poznavanje prirode interakcije genotip–spoljna sredina je važno za oplemenjivanje jer veći stepen interakcije može ozbiljno da oteža

selekciju superiornih genotipova. Zavisno od reakcije genotipova na variranje faktora spoljne sredine razlikuju se genotipovi sa širokim spektrom adaptacije (stabilni prinosi na različitim lokalitetima) i usko, tj. specifično adaptirani genotipovi (visoki prinosi samo na određenim lokalitetima). Weber i Wricke (1990) smatraju da do interakcije dolazi zbog velike varijabilnosti fizioloških osobina genotipova.

Jedan od ograničavajućih faktora za poboljšanje prinosa je povećana adaptabilnost sorti. Međutim, informacije o adaptabilnosti sorti uljane repice u uslovima gajenja naše zemlje su oskudne. U agronomskim ogledima sa različitim gajenim vrstama je $G \times E$ interakcija čest predmet proučavanja. Razvijene su biometrijske metode kojima se može kvantifikovati reakcija genotipa na kompleks spoljnih uslova. Ispitivanje $G \times E$ interakcije AMMI analizom je do sada rađeno na većini ratarskih useva uključujući uljanu repicu. Za potrebu obrade takvih podataka se najčešće koristi model aditivnih glavnih efekata i višestruke interakcije (AMMI).

AMMI predstavlja kombinaciju ANOVA i PCA metoda u okviru jedne analize, čiji rezultati se najčešće predstavljaju u vidu biplota. Biplot prikazuje međusobni odnos analizirane osobine i jedne od glavnih komponenti interakcije (IPC1, ili IPC2). U AMMI modelu se prvo analizira varijansa kako bi se razdvojila na glavne efekte genotipa, glavne efekte spoljne sredine i interakciju efekata između genotipa i spoljne sredine. Nakon toga se radi analiza glavnih komponenti (PCA) interakcije genotipa i spoljne sredine. Obzirom da je ANOVA aditivan metod, kojim nije moguća analiza interakcija genotipa i spoljne sredine, AMMI model pruža bolje mogućnosti za dalju interpretaciju podataka. Postoji veći broj AMMI modela od AMMI0 do AMMIF. U AMMI0 modelu nema ose koja predstavlja interakciju glavnih komponenti, te je uglavnom nedovoljan. AMMI1 modelom se prikazuju glavni efekti i interakcije prve glavne komponente, dok AMMI2 model, koji takođe obuhvata glavne efekte interakcije, predočava dve glavne komponente, odnosno IPC1 i IPC2. Obzirom da PCA ose višeg reda imaju veći šum, najčešće se za analizu koriste AMMI1, koji ima jednu, ili AMMI2 sa dve PCA ose. AMMI0 model ne hvata signal $G \times E$, niti $G \times E$ buku, dok nasuprot njemu AMMIF hvata $G \times E$ signal i njegov prateći šum. Tako su AMMI1 i AMMI2 modeli zlatna sredina i najčešće najtačniji u moći predviđanja, jer odbacuju najveći deo $G \times E$ šuma.

AMMI1 biplot vizualizuje glavne i interakcijske efekte za genotipove i godine. Apcisa ovog plota predstavlja srednje vrednosti analizirane kvantitativne osobine, a ordinata je IPC1 komponenta. Ako su markeri iste vrste (genotipovi, ili okruženje) razmaknuti duž apscise, to ukazuje na razlike u glavnim (aditivnim) efektima, dok dislokacija duž ordinate ukazuje na interakcijske (multiplikativne) efekte. Ukoliko marker (koji označava genotip ili godinu) ima IPC1 skor blizu nule, tj. ako leži blizu apscise, to je indikacija slabe interakcije odgovarajućeg genotipa, odnosno godine. Genotipovi i godine koje imaju isti znak na IPC1 dimenziji imaju pozitivnu $G \times E$ interakciju, dok je u slučaju suprotnih znakova interakcija negativna (Gauch i Moran, 2019).

Pored AMMI1, rezultate AMMI analize moguće je predstaviti i AMMI2 biplotom. Kada su dve ili više IPC-a statistički značajne, one se mogu grafički prikazati kako bi se predstavili obrasci $G \times E$ interakcije, koji nisu obuhvaćeni AMMI1 biplotom. Na AMMI2 biplotu, apscisa predstavlja IPC1 skorove, a ordinata IPC2 skorove. U AMMI2 biplotu markeri u blizini koordinantnog početka imaju slabu $G \times E$ interakciju (pod pretpostavkom da IPC3 i komponente višeg reda nisu statistički značajne ili važne). Dva markera iste vrste (oba genotipa, ili oba okruženja), koji su usmereni u istom smeru od koordinantnog početka (zaklapaju oštar ugao) imaju slične obrasce interakcije (Gauch i Moran, 2019). Markeri sa suprotnim smerovima (koji zaklapaju tup ugao) imaju suprotne obrasce interakcije, dok se markeri koji zaklapaju skoro prav ugao odlikuju neusklađenim obrascem interakcije (Gauch i Moran, 2019). Kada se markeri pružaju u istom smeru od koordinatnog početka i locirani su dalje od njega oni poseduju jaku pozitivnu $G \times E$ interakciju. Za markere koji su u suprotnim smerovima $G \times E$ interakcija je negativna.

3.3.1. Prinos i komponente prinosa

Da bi ispunila zahteve prerađivačke industrije za kvalitetnom sirovinom, uljana repica treba da poseduje sposobnost adaptacije na različita okruženja u kojima se gaji. U tom smislu, repica

odlično podnosi mraz i niske temperature, kao i bolesti. Pojedini autori ističu da proizvodna godina može da utiče više od 70% na ukupnu varijaciju prinosa uljane repice, dok su uticaj genotipa i interakcije genotip–spoljna sredina dosta manji, nekad i po 10% svaki (Yan, 2001; Marjanović Jeromela et al., 2011). Marjanović Jeromela et al. (2019) su konstatovali značajnost $G \times E$ interakcije na prinos uljane repice. Ova grupa autora je zaključila da najveći udeo u objašnjenju varijanse nastale usled interakcija sorte i godine imaju maksimalna temperatura tokom prezimljavanja, minimalna temperatura za vreme cvetanja merena na 5 cm iznad tla i relativna vlažnost vazduha u vreme cvetanja. Spasibionek et al. (2020) su takođe potvrdili uticaj interakcija genotip–spoljna sredina na prinos visokooleinskih linija uljane repice. Marjanović Jeromela et al. (2008) su istakli da na prinos ulja najviše utiču faktori spoljne sredine i $G \times E$ interakcije.

3.3.2. Kvalitet semena

Tokom razvoja genotipovi različito reaguju na promene u spoljnoj sredini što se manifestuje i razlikama u kvalitetu njihovog semena (Liersch et al., 2020). Nowosad et al. (2017) i Tetteh et al. (2019) su utvrdili značajnost $G \times E$ interakcije na sadržaj ulja uljane repice. Ispitujući efekat 30 klimatskih promenljivih na $G \times E$ interakcije, Marjanović Jeromela et al. (2019) su predočili da su sledeće promenljive imale najveći udeo u objašnjenju varijacije sadržaja ulja: padavine za vreme formiranja pupoljaka (60.30% objašnjene varijacije), maksimalna temperatura tokom prezimljavanja (60.20%) i relativna vlažnost vazduha u vreme cvetanja (59.00%). U ogledima sa različitim rokovima setve i tretmanom azotnim đubrivom Marjanović Jeromela et al. (2019) su ustanovili značajnost uticaja $G \times E$ interakcije na sadržaj ulja. Liersch et al. (2020) su zaključili da $G \times E$ interakcije objašnjavaju oko 10% ukupne varijacije za sadržaj ulja i proteina. Ista grupa autora je dokazala značajnost $G \times E$ interakcije na sadržaj oleinske, linolne i linolenske kiseline. Oni su izračunali da je 89.97% varijacija u sadržaju oleinske kiseline uzrokovano glavnim efektom genotipa, dok je 4.95% varijacija nastalo usled interakcija između genotipa i spoljne sredine. Sličnu raspodelu udela objašnjene varijacije su dobili i za sadržaj linolne kiseline dok je udeo genotipa u varijaciji sadržaja linolenske kiseline bio manji, 73.29%, a udeo $G \times E$ interakcije malo veći, 8.30%.

3.4. Stabilnost genotipova uljane repice po prinosu i kvalitetu semena

Svaki genotip poseduje maksimalan potencijal za prinos u određenom okruženju. Kako bi se analizirali i odabirali stabilni genotipovi izvode se testiranja na većem broju lokaliteta. Genotip se smatra stabilnim ukoliko je njegov rang prinosa na većem broju lokaliteta, odnosno u različitim okruženjima relativno konstantan (Flores et al., 1998). Analiza mega–sredina se najčešće primenjuje na oglede sa podacima o prinosu, ali se može koristiti i za druge osobine kao što su otpornost na bolesti, osobine kvaliteta i sl.

Stabilnost prinosa i kvaliteta je važna poljoprivrednim proizvođačima, jer im pruža sigurnost prihoda. Ako prinos nije stabilan i podbaci u nekim godinama, odnosno sredinama, posledično će se menjati i cene robe na tržištu. Kao što je pomenuto, klimatski faktori, pre svega temperatura i padavine, znatno utiču na prinos uljane repice. Razlike u prinosu su male između genotipova, što ukazuje na nedostatak varijacije u savremenom sortimentu za svojstva vezana za stabilnost prinosa (Brown et al., 2019). Oplemenjivanjem je postignuto povećanje prinosa semena, međutim stabilnost prinosa nije išla u korak sa ovim poboljšanjem (Ronadini et al., 2012). Brown et al. (2019) su pokazali da su temperaturna kolebanja krajem jeseni i početkom zime povezana sa nestabilnošću prinosa ozime repice u Velikoj Britaniji. Zhang et al. (2018) su na osnovu regresionog modela zaključili da genotipovi koje odlikuje visoka stabilnost imaju mali prinos i obrnuto. Oni su primetili i da hibridi poseduju veću stabilnost u odnosu na genotipove koji su se nalazili u slobodnoj oplodnji. Posmatrajući hibride uljane repice koji su tolerantni na herbicide, Roundup–Ready® repica najviše reaguje na promene u spoljnoj sredini, odnosno najmanje je stabilna u poređenju sa Triazin tolerantnom i Clearfield repicom (Zhang et al., 2018). Zhang et al. (2018) su naveli i da ranocvetajući genotipovi uljane repice imaju širi spektar adaptacije.

U analizi stabilnosti prinosa se najčešće primenjuje AMMI analiza. Na taj način se dobijaju informacije o „ponašanju“ genotipova u različitim sredinama, odnosno različitim godinama. Stiče se uvid o lokalitetima koji su najpovoljniji za gajenje određenih genotipova, kao i podaci o najstabilnijim genotipovima i onima koji najviše interaguju sa različitim faktorima spoljne sredine. Tako AMMI analiza pruža uvid u to koje sredine, odnosno klimatski uslovi na sličan način deluju na analizirane genotipove.

3.5. Fenotipske i genetičke korelacije između prinosa i kvaliteta semena

Tokom procesa stvaranja novih sorti i linija oplemenjivači uglavnom odabiraju veći broj osobina kako bi došli do željenog ideotipa (idealnog genotipa). Većina osobina na koje se vrši oplemenjivanje su kompleksne, i predstavljaju rezultat interakcije većeg broja komponenti. Posedovanje znanja o međusobnoj povezanosti i nasleđivanju osobina kao i o količini varijacija prisutnim u oplemenjivačkom materijalu je veoma važan segment oplemenjivanja.

Koeficijent korelacije prikazuje vezu i stepen međusobne zavisnosti dve osobine. Na osnovu smera korelacije, međuzavisnost može biti pozitivna i negativna. Pozitivan koeficijent korelacije znači da postoji tendencija da sa povećanjem vrednosti jedne promenljive se povećava i vrednost druge promenljive. Sa druge strane, negativna vrednost koeficijenta korelacije ukazuje da povećanjem vrednosti jedne promenljive postoji tendencija za smanjenjem vrednosti druge i obrnuto, smanjenje vrednosti jedne promenljive vodi povećanju vrednosti druge. Što su apsolutne vrednosti korelacionog koeficijenta bliže jedinici (1) to je veza dve analizirane osobine jača. Po obliku veze, korelacije između promenljivih mogu biti linearne i nelinearne. Korelacionom analizom se određuje samo stepen zavisnosti dve osobine, a ne i priroda njihove veze. Korelacije, baš kao i heritabilnost, predstavljaju odraz genetičke strukture populacije u datom trenutku. U različitim agroekološkim uslovima gajenja se može razlikovati jačina korelacione veze dve analizirane osobine. Iako je između različitih agronomskih svojstava često prisutna fenotipska korelacija, da bi se isključio efekat faktora spoljne sredine poželjno je računanje genotipskih korelacija.

Prinos semena je kompleksna osobina koju čini veći broj komponenti. Zbog male heritabilnosti i velikog udela faktora spoljne sredine na ispoljavanje ove osobine, direktna selekcija na prinos može biti nepredvidiva. Obzirom da je u oplemenjivanju retko cilj menjanje samo jedne osobine, neophodno je poznavanje međusobnih odnosa između osobina, a pre svega povezanost sa prinosom. Kako bi se odredilo koja komponenta najviše utiče na prinos potrebno je odrediti jačinu njihove veze, kao i to da li je u pitanju pozitivna, ili negativna međuzavisnost. Istraživanje korelacionih odnosa osobina vezanih za prinos doprinosi indirektnoj selekciji komponenti prinosa.

Weymann et al. (2015) smatraju da u uslovima suše postoji negativna međuzavisnost između temperature i prinosa ulja. Analizirajući povezanost prinosa ulja sa drugim kvantitativnim osobinama uljane repice Marjanović Jeromela et al. (2007) su primetili pozitivnu vezu između sadržaja i prinosa ulja. Između prinosa semena i sadržaja proteina postoji srednje jaka negativna veza (Nath et al., 2009; Vujaković et al., 2015). Obe grupe autora su uočile jaku negativnu vezu sadržaja ulja i proteina. Odnos ulja i proteina je u jakoj pozitivnoj korelaciji sa brojem semena po ljustici (Benett et al., 2017). Isti autori su ustanovili negativnu povezanost sadržaja proteina i mase semena po ljustici. Luo et al. (2017b) su prikazali da je odnos mase semena i sadržaja ulja u jakoj negativnoj korelaciji. Analizirajući komponente prinosa uljane repice gajene na 10 lokaliteta na jugu Kine je ustanovljena srednje jaka pozitivna korelacija između prinosa semena po biljci i broja primarnih grana, broja ljustici na glavnoj grani i jaka pozitivna međuzavisnost sa brojem ljustici po biljci (Lu et al., 2011). Masa 1000 semena je u tim ogledima bila u negativnoj srednje jakoj korelaciji sa prinosom semena po biljci i negativnoj jakoj vezi sa brojem semena po ljustici. Iz ovoga se može pretpostaviti da smanjen broj semena u ljustici biljka kompenzuje tako što stvara krupnija semena koja imaju veću masu. Masa semena je u pozitivnoj korelaciji sa veličinom semena, uključujući prečnik i površinu semena (Li et al., 2015). Navedeni autori su zaključili da je masa semena pre svega kontrolisana genotipom majke. Analizirajući 20 osobina uljane repice pat analizom je identifikovana masa 1000 semena kao prva, najznačajnija osobina koja utiče na prinos semena (Sabaghnia et al., 2010). Nakon razvijanja modela

multiple linearne regresije i određivanja važnih osobina za predviđanje prinosa uljane repice, Benett et al. (2017) su analizirali različite sorte kako bi saznali koje imaju najpovoljniji odnos osobina koje doprinose visokom prinosu. Tako su utvrdili da su visok sadržaj proteina i linolenske kiseline u negativnoj korelaciji sa prinosom semena, kao i da je datum početka cvjetanja u slaboj vezi sa prinosom. Odsustvo veze između prinosa i broja dana do početka cvjetanja su potvrdili i Sabaghnia et al. (2010). U radu Escalante–Estrada et al. (2016) je dokazana jaka pozitivna veza prinosa ulja sa prinosom semena, brojem semena*, brojem grana* i brojem ljuski* (* sve vrednosti su računane po m²).

Sadržaj ulja je u pozitivnoj korelaciji sa sadržajem oleinske i stearinske kiseline, a u negativnoj korelaciji sa sadržajem palmitinske, linolne i linolenske kiseline (Zhao et al., 2008; Sharafi et al., 2015). Zato prilikom oplemenjivanja na visok sadržaj ulja, ili poboljšan masno-kiselinski sastav treba imati u vidu blisku međusobnu vezu ovih parametara. Obzirom da je sadržaj ulja u snažnoj negativnoj sprezi sa sadržajem proteina, svako poboljšanje u pogledu većeg sadržaja jedne komponente vodi smanjenju druge. Identifikacija nezavisnih QTL-ova (Zhao et al., 2006) je značajna za povećanje sadržaja ulja, bez uticaja na sadržaj proteina u semenu.

Fikere et al. (2020) su utvrdili negativnu vezu prinosa semena sa sledećim masnim kiselinama: palmitinskom, linolnom, linolenskom i gondoinom. Povećanje sadržaja zasićene palmitinske kiseline indukovanom mutagenozom u linijama ozime uljane repice vodi smanjenju sadržaja oleinske, a povećanju linolne i linolenske kiseline (Schnurbusch et al., 2000). Isti autori su primetili slabu negativnu korelaciju između sadržaja ulja i palmitinske kiseline (Schnurbusch et al., 2000). Sadržaj eruka kiseline je u negativnoj korelaciji sa sadržajem proteina, oleinskom kiselinom, gondoinom, zasićenim i polinezasićenim masnim kiselinama (Nath et al., 2009). S druge strane, ovi autori su utvrdili pozitivnu međuzavisnost eruka kiseline sa sadržajem ulja i mononezasićenim masnim kiselinama. Regresionim modelom je izračunato da smanjenje sadržaja polinezasićenih masnih kiselina za 10% vodi povećanju sadržaja eruka kiseline za 6.5% (Nath et al., 2009).

Zbog važne uloge tokoferola, jedan od ciljeva oplemenjivanja uljane repice usmeren je upravo na poboljšanje kvaliteta ulja preko promena u sadržaju tokoferola. Istraživanjima je dokazano prisustvo jake pozitivne međuzavisnosti između sadržaja γ -tokoferola i ukupnih tokoferola (Wang et al., 2012; Siger et al., 2015). Analizirajući linije dihaploida u četiri okruženja nije utvrđena međuzavisnost između α - i γ -tokoferola, niti ukupnih tokoferola sa sadržajem ulja, proteina i glukozinolata (Marwede et al., 2004). Potvrđeno je odsustvo zavisnosti između sadržaja ukupnih tokoferola i sastava tokoferola (Goffman i Becker, 2002). Takođe, utvrđeno je da između α - i γ -tokoferola ne postoji korelaciona veza (Marwede et al., 2005). Ovakvi rezultati upućuju na to da se sadržaj tokoferola može menjati oplemenjivanjem, a da se pritom ne ugroze druge pomenute osobine.

3.6. Očekivana genetička dobit u oplemenjivanju uljane repice na prinos i kvalitet semena

Visoke vrednosti heritabilnosti ne znače nužno i veliku genetičku dobit. Genetička dobit predstavlja stepen poboljšanja osobine koji se postiže pod određenim selekcionim pritiskom. Zajedničkom analizom heritabilnosti i genetičke dobiti se dobija potpunija slika u predviđanju efekta selekcije. Kada je heritabilnost visoka, a vrednost genetičke dobiti niska to ukazuje na neaditivne efekte gena na ispoljavanje osobine, dok visoke vrednosti oba parametra upućuju na aditivan efekat gena (Branković et al., 2016). Ispitivanjem varijabilnosti komponenti prinosa Marjanović Jeromela et al. (2011) su utvrdili da je najmanja očekivana dobit bila za osobinu broj dana do sazrevanja, a najveća za visinu do prve bočne grane. Ova grupa autora je naznačila da su slične vrednosti očekivane genetičke dobiti od oko 7% izračunali za broj ljuski po biljci i masu 1000 semena. Marjanović Jeromela et al. (2011) tvrde da fenološke osobine, poput broja dana do cvjetanja, broja dana do nalivanja semena, broja dana do sazrevanja pokazuju najmanju genetičku dobit.

4. RADNA HIPOTEZA

Za realizaciju postavljenih ciljeva polazi se od sledećih hipoteza:

- Između linija i hibrida koji su odabrani za materijal istraživanja postoje značajne razlike u genotipskim vrednostima prinosa i kvaliteta semena.
- Uticaj spoljne sredine na genotip biljnog materijala može se jasno sagledati kroz četvorogodišnje poljske ogleda. Pretpostavka je da će godina, odnosno spoljna sredina uticati značajno na fenotipsku varijabilnost uljane repice.
- Primena biometrijskih analiza omogućuje rastavljanje fenotipske varijanse na komponente, pod uticajem genotipa, spoljne sredine i interakcije genotip–spoljna sredina, kao i izračunavanje koeficijenta heritabilnosti.
- AMMI analiza je pogodna statistička metoda za identifikaciju genotipova sa širokim i uskim spektrom adaptacije, pri čemu uzima u obzir i njihovu prosečnu vrednost za prinos i kvalitet semena. Informacije o stabilnosti ispitivanih linija i hibrida su od značaja za programe oplemenjivanja.
- Izračunavanja genetičkih i fenotipskih međuzavisnosti osobina ima praktičnu primenu u selekcionom radu. Vrednosti koeficijenata korelacije pokazuju kakve efekte proizvodi usmerena selekcija na pojedine osobine na vrednosti drugih, nereferentnih osobina.
- Grupisanje genotipova u klastere, na osnovu njihove divergencije, od značaja je za izbor roditeljskih parova za ukrštanja i odabir odgovarajućih tipova hibridizacije.
- Poznavanje očekivane selekcionne dobiti za osobine od interesa, usmerava oplemenjivače na najefikasnije metode poboljšanja nasledne osnove u selekcionim programima. Za očekivati je da rezultati ove disertacije doprinesu unapređenju oplemenjivanja uljane repice u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu, te da neke od ispitivanih linija ili neki od hibrida između tih linija budu priznati kao nove sorte sa visokim, stabilnim prinosom i dobrim kvalitetom semena.

5. MATERIJAL I METOD

5.1. Biljni materijal

U radu je ispitivano 40 genotipova (Tabela 5) ozime uljane repice iz novosadskog oplemenjivačkog programa. Od ovih genotipova, tri su eksperimentalni hibridi 0+ tipa sa niskim sadržajem eruka kiseline selekcionisani u Institutu u Novom Sadu. Ostalih 37 genotipova su linije, i to: 14 su priznate sorte (Banaćanka, Slavica, Zlatna, Branka, Express, Nevena, Valesca, Ilija, Kata, Nena, Svetlana, Jasna, Zorica i Jelena), 21 su eksperimentalne linije (NS-L-74, NS-L-7, NS-L-31, NS-L-126, NS-L-33, NS-L-128, NS-L-101, NS-L-102, NS-L-134, NS-L-32, NS-L-136, NS-L-137, NS-L-138, NS-L-251, NS-L-210, NS-L-44, NS-L-45, NS-L-46, NS-L-47, Forward, Maidan) i dve su unapređene linije od postojeće sorte Valesca (Valesca tamna, Valesca svetla). Sve linije su selekcionisane u Srbiji, osim linijskih sorti Express (Nemačka) i Valesca (Švedska). Linije imaju visok kvalitet ulja, u skladu sa evropskim standardima, pripadaju 0+ i 00 tipu, te mogu biti izvor poželjnih gena i potencijalno iskorišćene za dobijanje novih hibrida.

Tabela 5. Ispitivani genotipovi uljane repice

Redni broj	Genotip	Priroda materijala	Poreklo	Godina priznavanja u Srbiji
1	NS-H-R-1	hibrid	Srbija	n.p.*
2	NS-H-R-2	hibrid	Srbija	n.p.
3	NS-H-R-3	hibrid	Srbija	n.p.
4	BANAĆANKA	sorta	Srbija	1998.
5	SLAVICA	sorta	Srbija	2003.
6	VALESKA TAMNA	linija	Švedska	n.p.
7	VALESKA SVETLA	linija	Švedska	n.p.
8	ZLATNA	sorta	Srbija	2008.
9	NS-L-74	linija	Srbija	n.p.
10	BRANKA	sorta	Srbija	2007.
11	EXPRESS	sorta	Nemačka	1993.
12	NS-L-7	linija	Srbija	n.p.
13	NEVENA	sorta	Srbija	2008.
14	VALESKA	sorta	Švedska	pEU**
15	ILIA	sorta	Srbija	2011.
16	KATA	sorta	Srbija	2006.
17	NENA	sorta	Srbija	2005.
18	NS-L-31	linija	Srbija	n.p.
19	NS-L-126	linija	Srbija	n.p.
20	NS-L-33	linija	Srbija	n.p.
21	NS-L-128	linija	Srbija	n.p.
22	SVETLANA	sorta	Srbija	2016.
23	JASNA	sorta	Srbija	2009.
24	NS-L-101	linija	Srbija	n.p.
25	ZORICA	sorta	Srbija	2010.
26	NS-L-102	linija	Srbija	n.p.
27	NS-L-134	linija	Srbija	n.p.
28	NS-L-32	linija	Srbija	n.p.
29	NS-L-136	linija	Srbija	n.p.

Redni broj	Genotip	Priroda materijala	Poreklo	Godina priznavanja u Srbiji
30	NS-L-137	linija	Srbija	n.p.
31	NS-L-138	linija	Srbija	n.p.
32	NS-L-251	linija	Srbija	n.p.
33	NS-L-210	linija	Srbija	n.p.
34	NS-L-44	linija	Srbija	n.p.
35	NS-L-45	linija	Srbija	n.p.
36	NS-L-46	linija	Srbija	n.p.
37	NS-L-47	linija	Srbija	n.p.
38	JELENA	sorta	Srbija	2011.
39	FORWARD	linija	Srbija	n.p.
40	MAIDAN	linija	Srbija	n.p.

* n.p. nije priznata, ** pEU – priznata u EU

5.2. Poljski ogledi

Ogled sa 40 genotipova ozime uljane repice je posejan mašinski po slučajnom blok sistemu u tri ponavljanja. Poljski ogledi su izvedeni tokom četiri vegetacione sezone: 2014/15, 2015/16, 2016/17 i 2017/18 na lokalitetu Rimski šančevi (45°19'53.7"N 19°50'12.6"E) u uslovima suvog ratarenja. Zemljište na ovoj lokaciji je tipa černozem. Ogledi su posejani u optimalnom roku (Tabela 6).

Tabela 6. Datumi setve i žetve

Godina oglada	Setva	Žetva
1.	26.08.2014.	23.06.2015.
2.	31.08.2015.	23.06.2016.
3.	31.08.2016.	27.06.2017.
4.	11.09.2017.	18.06.2018.

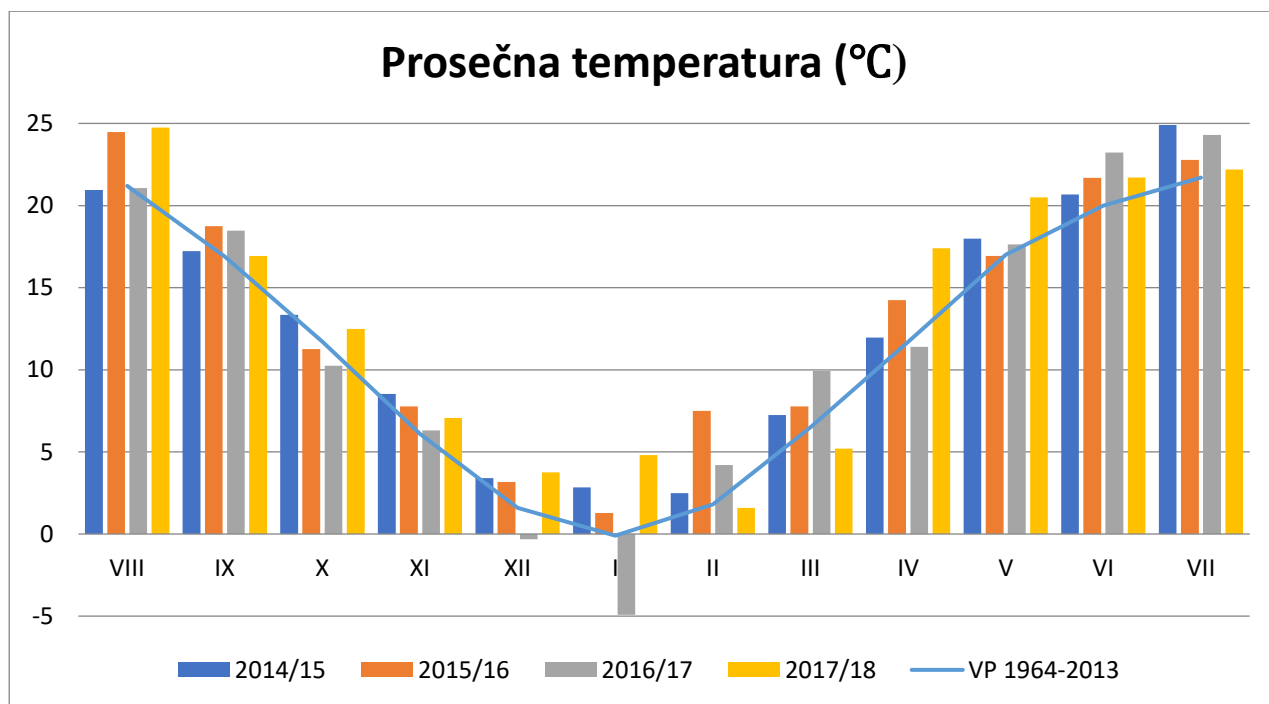
Dimenzije osnovne parcelice su bile 6 m² (4 m × 1.5 m). Repica je sejana na dubinu 1–2 cm. Razmak između biljaka u redu je bio 5 cm, a međuredni razmak 25 cm, da bi se osigurao sklop od 55–65 biljaka/m², odnosno 55,000–65,000 biljaka/ha u žetvi. Za vreme trajanja oglada je primenjena standardna tehnologija gajenja uljane repice (zaštita od insekata, međuredna kultivacija). Prinos semena je meren po parcelici, preračunat na 9% vlage i izražen u kg/ha. Masa 1000 semena je izmerena na slučajnom uzorku suvog semena i izražena je u gramima (g). Merenje je rađeno u dva seta po 200 semena po ponavljanju. Nakon žetve su uzeti uzorci sa hemijske analize kvaliteta semena. Sve hemijske analize su rađene u tri ponavljanja.

5.3. Meteorološki podaci

Meteorološki podaci za vreme izvođenja oglada su preuzeti sa meteorološke stanice Rimski šančevi Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije, koja se nalazi u blizini oglednih parcela. Od setve do žetve uljane repice, odnosno od avgusta do juna su praćene sledeće vrednosti tokom četiri godine izvođenja oglada: maksimalna i minimalna temperatura vazduha (°C) i suma padavina (mm).

Klima Republike Srbije je umereno kontinentalna sa hladnim zimama i toplim prolećem i letom. U ravničarskim krajevima je prosečna godišnja količina padavina u rasponu 600–800 mm. Optimalna godišnja suma padavina za proizvodnju uljane repice u Vojvodini je 630–700 mm (Marjanović Jeromela et al., 2019), što ukazuje na pogodnost ovog regiona za gajenje uljane repice.

Na teritoriji Vojvodine, proizvodna 2014/15 je bila oko 2°C toplija u odnosu na višegodišnji prosek. Ranu jesen (septembar-oktobar) su obeležile padavine koje su omogućile nesmetano nicanje uljane repice (Grafikon 4). Tokom zime, od decembra do februara, prosečne temperature i količina padavina su bile iznad proseka (Grafikon 3). Česte padavine tokom zime, veće u odnosu na višegodišnji prosek, su omogućile stvaranje zaliha vlage u dubljim slojevima zemljišta što je bilo značajno za ravnomeran nastavak vegetacije na proleće. Krajem decembra kada je postojao snežni pokrivač su zabeleženi jaki mrazevi, te je usev uljane repice bio zaštićen od izmrzavanja. Druga polovina aprila je bila dosta sušna što je bilo nepovoljno za razvoj uljane repice, jer su biljke bile u osetljivoj fazi cvetanja. Proleće je bilo toplo, a tokom maja je palo oko tri puta više kiše u odnosu na višegodišnji prosek.



Grafikon 3. Prikaz prosečnih mesečnih temperatura i višegodišnjeg proseka (VP) tokom perioda 2014–2018.

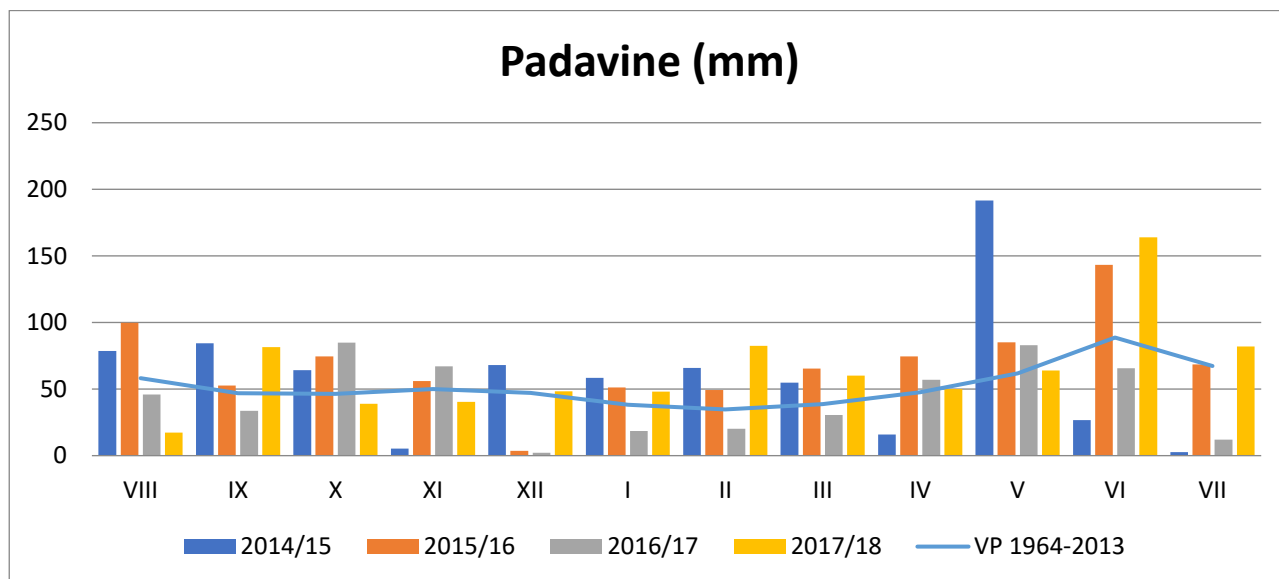
Nakon setve ogleđa, u septembru 2015. godine je bilo dovoljno padavina, što je popravilo vlagu zemljišta i olakšalo klijanje i nicanje uljane repice. Blaga jesen i zalihe vlage u zemljištu su povoljno uticale na početne faze razvoja uljane repice. Zima je bila toplija od proseka. Srednje dnevne temperature krajem januara i u februaru su bile iznad 5°C što je uticalo na ranije pokretanje vegetacije. Proleće su obeležile prosečne temperature za ovaj period godine uz veću količinu padavina. Skoro duplo veća količina padavina od proseka tokom juna je produžila period nalivanja semena.

Avgust i septembar 2016. su bili sa malom količinom padavina i temperaturama oko proseka. U proizvodnoj 2016/17 godini je jesen bila sa dosta padavina, dok je zima bila uglavnom suva, sa prosekom padavina ispod višegodišnjeg nivoa. Prosečna temperatura u januaru je bila ispod višegodišnjeg proseka, -4.9°C. Tokom aprila je prosečna temperatura bila 49% viša, a u maju 21% viša u odnosu na višegodišnji prosek što je uslovalo brži prolazak uljane repice kroz fenofaze.

Generalno, proizvodna 2017/18 godina je bila toplija u odnosu na višegodišnji prosek (1964–2013). Početak jeseni 2017/18 je bio topao sa dosta padavina u septembru. Zima je bila blaga sa retkom pojavom snega i mrazeva. Rano proleće je obeležilo hladno vreme sa jakim mrazem početkom marta. Natprosečno topli april i maj doprineli su bržem prolasku repice kroz faze razvoja. Temperature u junu su bile oko proseka, dok je količina padavina bila više nego duplo veća u odnosu na višegodišnji prosek.

Najviša prosečna temperatura je izmerena u julu 2015., dok je najviša dnevna izmerena temperatura bila 31.8°C u avgustu 2017. Tokom sve četiri analizirane godine su temperature u junu

bile iznad višegodišnjeg proseka. Najniže prosečne mesečne temperature na osnovu višegodišnjeg proseka budu u januaru. U periodu od avgusta 2014. do jula 2018. najniža izmerena dnevna temperatura je bila u januaru 2017. kada je iznosila -14.3°C .



Grafikon 4. Prikaz prosečnih mesečnih padavina i višegodišnjeg proseka (VP) tokom perioda 2014–2018.

Ukupna godišnja količina padavina u svim ispitivanim vegetacionim sezonama osim 2016/17. je bila veća od proseka ukupne višegodišnje količine padavina (626 mm). Tokom 2016/17 je godišnja suma padavina bila najniža. U maju 2015., 2016. i 2017. su zabeležene veće količine padavina u odnosu na višegodišnji prosek. Tri puta više kiše od višegodišnjeg proseka je palo u maju 2015. godine. Završetak nalivanja semena i sazrevanje u junu 2016. i 2018. su obeležile obilne padavine.

5.4. Analiza parametara kvaliteta ulja semena

5.4.1. Izdvajanje i određivanje sadržaja ulja

Hladno ceđeno ulje uljane repice je dobijeno presovanjem na sobnoj temperaturi tokom koga je nakon primene pritiska izdvojeno ulje žuto–zelene boje. Korišćenjem hidraulične prese (P400, Sirio, Mikodental) je iscedeno oko 1 ml ulja iz 10 g semena uljane repice. Uzorci iscedenog ulja su do ispitivanja čuvani u frižideru na temperaturi 4°C . Sadržaj ulja u suvom semenu je određen metodom nuklearne magnetne rezonance (NMR) na uređaju Newport 4000 NMR i izražen kao % suve mase semena.

5.4.2. Određivanje sadržaja proteina

Referentne metode za određivanje ukupnog sadržaja proteina se baziraju na merenju ukupnog sadržaja azota u uzorku. Sadržaj proteina je određen metodom po Dumasu. Ovom metodom vrši se spaljivanje uzorka u atmosferi bogatoj kiseonikom na visokoj temperaturi, pa se prati količina oslobođenog gasa (azota). Ukupan sadržaj proteina u semenu uljane repice je analiziran na uređaju FP828p Nitrogen analyser (Leco) u skladu sa standardom SRPS EN ISO 16634-1:2010. Opseg detekcije uređaja na kom su rađene analize je 0,01–50 mg azota.

Uzorci mase 300 mg su zamotani u kalajnu foliju i postavljeni u automatski uzorkivač. Analiza je rađena u tri merenja za svaki uzorak. Sadržaj azota je izražen kao maseni procenat, koji je potom pomnožen sa korekcionim faktorom 6.25 (za uljanu repicu) kako bi se dobio % proteina u ispitivanom uzorku. Vrednost ovog korekcionog faktora se zasniva na pretpostavci da proteini sadrže 16% azota i da je sav azot u semenu iz proteina.

5.4.3. Određivanje sadržaja i sastava tokoferola

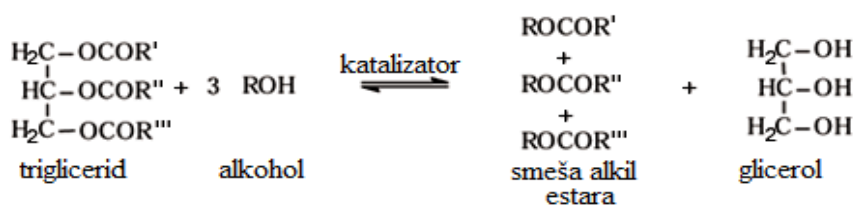
Sastav tokoferola je određen metodom tečne hromatografije visokog pritiska (HPLC) sa fluorescentnim detektorom prema metodi ISO 9936 (2006). Za razdvajanje tokoferola je korišćena normalno-fazna tečna hromatografija Sykam HPLC sistem. Obzirom da su tokoferoli lako rastvorivi u organskim rastvaračima, oni se najčešće upotrebljavaju za njihovu ekstrakciju. Organski rastvarači su bili HPLC čistoće, a ostale hemikalije p.a. (pro analysi) čistoće. Zbog lakog oksidovanja na vazduhu, a u cilju zaštite tokoferola od degradacije, uzorci ulja su čuvani u frižideru do pripreme za analizu. Analitička procedura pripreme uzoraka i standarda je rađena na sobnoj temperaturi od 25°C. Tokoferoli iz ulja su se razdvajali na amino koloni Nucleosil NH₂ (Machery Nagel, 250 × 4 mm I.D., 5 μm veličina čestica). Kao mobilna faza je korišćena smeša n-heksan/etil acetat u zapreminskom odnosu 7:3 sa protokom 1 ml/min. Tokoferoli su identifikovani i kvantifikovani poređenjem retencionog vremena sa standardom (dl α-tokoferol, rac β-tokoferol, γ- i δ-tokoferol, proizvođača Sigma-Aldrich). Ukupni tokoferoli su predstavljeni zbirom vrednosti α- i γ-tokoferola. Koncentracija α- i γ- i ukupnih tokoferola u ulju uljane repice je izražena u mg/kg ulja. Za obradu podataka je korišćen softver Clarity Chromatography System 7.4. Za poređenje srednje vrednosti koncentracija α- i γ-tokoferola u različitim uzorcima ulja je korišćen test analize varijanse (ANOVA) sa Dankanovim post-hoc testom.

5.4.4. Određivanje sadržaja i sastava masnih kiselina

Kako bi se odredio sastav masnih kiselina, izvršeno je njihovo metilovanje i prevođenje u metil estre masnih kiselina. Transesterifikacija je hemijska reakcija tokom koje se vrši zamena jedne alkil grupe estra sa drugom tokom reakcije estra sa alkoholom (najčešće se koristi metanol). Navedenom reakcijom se dobijaju estri masnih kiselina i izdvaja se glicerol. Prikaz opšte reakcije transesterifikacije:



Tokom transesterifikacije biljnih ulja, triacilgliceroli reaguju sa alkoholom u prisustvu jakih kiselina, ili baza, kao katalizatora, stvarajući smešu alkil estara masnih kiselina i glicerola (Slika 4).



Slika 4. Transesterifikacija ulja (Schuchardt et al., 1998)

Metil-estri masnih kiselina su pripremljeni metodom po Kravić et al. (2010). Kalijum hidroksid (KOH) je korišćen kao katalizator. Sastav i relativni odnos pojedinačnih masnih kiselina su određeni na gasnom hromatografu Konik HRGC 4000 sistema, postavljenog sa Carbowax 250 kapilarnom kolonom (Supelco Carbowax 250, 30 m × 0.25 mm, 0.25 μm debljina filma u koloni), sa zadatim temperaturnim režimom i radnoj temperaturi injektora i detektora od 250°C. Helijum je služio kao gas nosač uz protok 1 ml/min, plameno-jonizacioni detektor (FID) je podešen na 250°C. Zapremina uzorka koju aparat automatski injektuje je bila 2 μl u split režimu 1:70. Identifikovanje masnih kiselina je rađeno poređenjem sa retencionim vremenom standarda. Smeša standarda kompanije Supelco (Cat. No. 07756-1AMP, Bellefonte, PA, USA) je sadržala metil estre 11 masnih kiselina (miristinsku, palmitinsku, stearinsku, oleinsku, linolnu, linolensku, arahidinsku, gondoinisku, behensku, eruka i lignocerinsku). Konikrom plus softver je korišćen za obradu podataka. Količina masnih kiselina je predstavljena procentualno, kao udeo pojedinačnih masnih kiselina u ukupnoj smeši masnih kiselina. Ukupan sadržaj zasićenih masnih kiselina predstavlja sumu miristinske

(C14:0), palmitinske, stearinske, arahidinske (C20:0), behenske (C22:0) i lignocerinske (C24:0) kiseline. Sadržaj mononezasićenih masnih kiselina je određen zbirom oleinske, gondoinke (C20:1) i eruka kiseline (C22:1), dok je sadržaj polinezasićenih masnih kiselina dobijen kao suma linolne i linolenske kiseline. Zbirom mononezasićenih i polinezasićenih masnih kiselina je dobijena vrednost ukupnih nezasićenih masnih kiselina.

5.5. Statistička analiza

Na osnovu dobijenih podataka je urađena deskriptivna statistika za sve osobine (srednje vrednosti, standardna devijacija i koeficijent varijacije) (PRILOG 1). Potom je izvršena analiza varijanse (ANOVA) dvofaktorskog ogleda sa *post hoc* Dankanovim testom kako bi se utvrdilo da li postoji statistički značajna razlika ispitivanih osobina između različitih genotipova, spoljnih uslova i njihove interakcije. Za obradu podataka je korišćen program IBM SPSS Statistics (IBM Corp., 2012). Podaci su prikazani tabelarno, grafički (pomoću linijskog dijagrama i boks–plot prikaza). Boks plot ili kutijasti, odnosno boks dijagram (eng. *box and whisker plot*) prikazuje distribuciju podataka po kvartilima. Ovim grafikonom se ističu srednje vrednosti i one koje štrče od ostalih podataka (eng. *outliers*). Na osnovu izgleda kutijastog dijagrama se može zaključiti o postojanju asimetričnosti i raspršenosti.

Komponente fenotipske varijanse koje se koriste za izračunavanje heritabilnosti su računane prema Jovanović et al. (1992) na osnovu sredina kvadrata dobijenih analizom varijanse. Heritabilnost u širem smislu je izračunata na osnovu sledećih formula:

$$H^2 = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_F^2} \times 100\% \quad (4)$$

$$\sigma_e^2 = MS_e \quad (5)$$

$$\sigma_{GY}^2 = \frac{MS_{GY} - MS_e}{R} \quad (6)$$

$$\sigma_G^2 = \frac{MS_G - MS_{GY}}{R \times L} \quad (7)$$

$$\sigma_Y^2 = \frac{MS_Y - MS_{GY}}{R \times G} \quad (8)$$

$$\sigma_F^2 = \sigma_G^2 + \frac{\sigma_e^2}{R \times L} + \frac{\sigma_{GY}^2}{L} \quad (9)$$

σ_G^2 genetička varijansa
 σ_F^2 fenotipska varijansa
 σ_e^2 varijansa greške
 σ_{GY}^2 varijansa interakcije genotip–godina
 σ_Y^2 varijansa godine
 R broj ponavljanja
 L broj lokaliteta (godina)
 G broj genotipova
 MS sredine kvadrata (greške MS_e , interakcije genotip–godina MS_{GY} , genotipa MS_G , godine MS_Y)

Dobijene vrednosti heritabilnosti u širem smislu su kategorisane prema sledećim vrednostima:

0 – 30%	niska
31 – 60%	srednja
61 – 100%	visoka

Genetička dobit (GA) i procenat genetičke dobiti u odnosu na prosek (GAM) su izračunate za selekcionu intenzitet od 10% ($i=1.755$) na osnovu formula:

$$GA = \sqrt{\sigma_F^2} \times H^2 \times i \quad (10)$$

$$GAM = \frac{GA}{\bar{x}} \times 100\% \quad (11)$$

Vrednost GAM je smatrana za nisku ako je <10%, srednju 10–20% i visoku >20%.

Za analizu međusobne zavisnosti osobina su izračunati koeficijenti fenotipske i genotipske korelacije, koji mogu imati vrednosti od -1 do 1. Jačina korelacione veze je utvrđena na osnovu sledeće skale:

r_{xy}	jačina korelacione veze
0 – 0.30	slaba
0.31 – 0.70	srednje jaka
0.71 – 0.99	jaka

Aditivni glavni efekti i multiplikativne interakcije, koji su deo AMMI modela, opsežno su korišćeni za analizu komponenti prinosa i kvaliteta iz više sredina sa ciljem razumevanja složenih interakcija genotip–spoljna sredina. Potpuni AMMI model glasi:

$$Y_{ge} = \mu + \alpha_g + \beta_e + \sum_n \lambda_n \gamma_{gn} \delta_{en} + \rho_{ge} \quad (12)$$

Pri čemu je Y_{ge} prosek genotipa g u spoljašnjoj sredini e , μ je ukupni prosek, α_g je odstupanje genotipova od ukupnog proseka, β_e je odstupanje spoljne sredine, λ_n singularna vrednost za IPC n , γ_{gn} vrednost karakterističnog vektora za genotip g i komponentu n , δ_{en} vrednost karakterističnog vektora za spoljašnju sredinu e i komponentu n , ρ_{ge} je rezidual. Prvi deo modela je aditivni i podrazumeva samo ANOVA-u, dok je drugi deo multiplikativni i razlaže matricu interakcije na karakteristične vrednosti i vektore, koje čine jednu do n osi interakcije glavnih komponenti. Analizom varijanse su dobijene informacije o efektu genotipa, sredine i njihove interakcije u pogledu raščlanjenja ukupne sume kvadrata na particije. Ova analiza ne pruža dodatni uvid u prirodu interakcija $G \times E$, te se za njeno bliže karakterisanje koristi AMMI model. U radu je korišćen softver AMMISOFT (Gauch i Moran, 2019).

U oceni stabilnosti i rangiranju genotipova je korišćeno nekoliko parametara:

1. Rang genotipa na osnovu prinosa semena, sadržaja i prinosa ulja u većem broju sredina (najpoželjniji su genotipovi čije vrednosti navedenih parametara su najviše),
2. Rangiranje prema koeficijentu varijacije (CV) (najpoželjniji su genotipovi čiji je CV najmanji),
3. Rangiranje po prinosu i koeficijentu varijacije (najpoželjnijim se smatraju genotipovi sa visokim prinosom i malim CV)
4. AMMI vrednost stabilnosti (ASV) je računata za svaki genotip prema formuli

$$ASV = \sqrt{\left[\frac{SS_{IPC1}}{SS_{IPC2}} \times IPC1_{skor} \right]^2 + IPCA2_{skor}^2} \quad (13)$$

Gde su SS_{IPC1} i SS_{IPC2} sume kvadrata prve, odnosno druge komponente interakcije, $IPC1_{skor}$ i $IPC2_{skor}$ vrednosti prve, odnosno druge komponente interakcije i genotipa. Manje vrednosti ASV upućuju na stabilnije genotipove, pa su spram ove vrednosti rangirani genotipovi. ASV vrednost prikazuje udaljenost genotipa od nule (koordinatnog početka) AMMI biplota na kome je IPC1 na jednoj, a IPC2 na drugoj osi (Purchase et al., 2000).

5. Indeks stabilnosti prinosa (YSI) je računat prema

$$YSI = RP_i + RASV_i \quad (14)$$

Gde je RP_i rang i genotipa prema prinosu, odnosno sadržaju, ili prinosu ulja, a $RASV_i$ rang i genotipa prema ASV vrednosti. Slično ASV, manje vrednosti YSI ukazuju da je genotip stabilniji i prinosniji u većem broju sredina.

6. Indeks održivosti (SI) je izračunat na osnovu formule iz rada Bose et al. (2014)

$$SI = \frac{Y \times \sigma}{Y_{max}} \times 100\% \quad (15)$$

Gde je Y prosečna vrednost prinosa, odnosa sadržaja i prinosa ulja genotipa, σ standardna devijacija, Y_{max} najveća vrednost prinosa genotipa u bilo kojoj od analiziranih godina. Indeks održivosti je veoma nizak za vrednosti do 20%, nizak (21–40%), srednji (41–60%), visok (61–80%) i veoma visok (81–100%). Najbolje rangirani genotipovi imaju najveće vrednosti SI.

7. Ukupan rang – izračunat je sabiranjem rangova prema kriterijumima navedenim od 1 do 6, te su genotipovi sa najmanjom vrednošću ranga najpoželjniji, odnosno najstabilniji.

Za grupisanje genotipova je urađena klaster analiza u programu Matlab (2018). Obzirom da je većina mera odstojanja osetljiva na prisustvo različitih mernih jedinica koje se koirste za izražavanje promenljivih, neophodno je bilo izvršiti standardizaciju originalnih vrednosti promenljivih. Standardizovani podaci imaju nultu srednju vrednost i jediničnu standardnu devijaciju. Hijerarhijska metoda grupisanja zasnovana na Ward-ovom metodu (metod minimalne sume kvadrata) je sprovedena na standardizovanim vrednostima promenljivih. Ward-ovom metodom se dva elementa pridružuju u isti klaster ako se njihovim udruživanjem najmanje uvećava suma kvadrata odstojanja unutar grupa. Dobijeni klaster dijagram olakšava interpretaciju korelacije parametara od interesa, kao i sličnosti pojedinih genotipova. Klaster dijagram predstavlja toplotnu mapu (eng. *heat map*) sa dendrogramima na kome su prikazani genotipovi i promenljive. Boja odražava vrednosti parametara nakon standardizacije, koja je podrazumevala umanjeње merenih vrednosti parametra za njihovu srednju vrednost i deljenje razlike standardnom devijacijom. Na dijagramu tamno crvena, odnosno tamno plava boja označava viši, odnosno niži nivo osobine u određenom genotipu, dok su prosečne vrednosti osobine obojene belom bojom. Prilikom grupisanja, posmatrane jedinice (genotipovi, odnosno varijable) su udružene u klastere tako da jedinice unutar istog klastera imaju visok stepen sličnosti. Kao mera sličnosti promenljivih korišćen je Pirsonov koeficijent korelacije, a za meru sličnosti pojedinih genotipova korišćena je Euklidska distanca.

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^q (X_{ik} - X_{jk})^2} \quad (16)$$

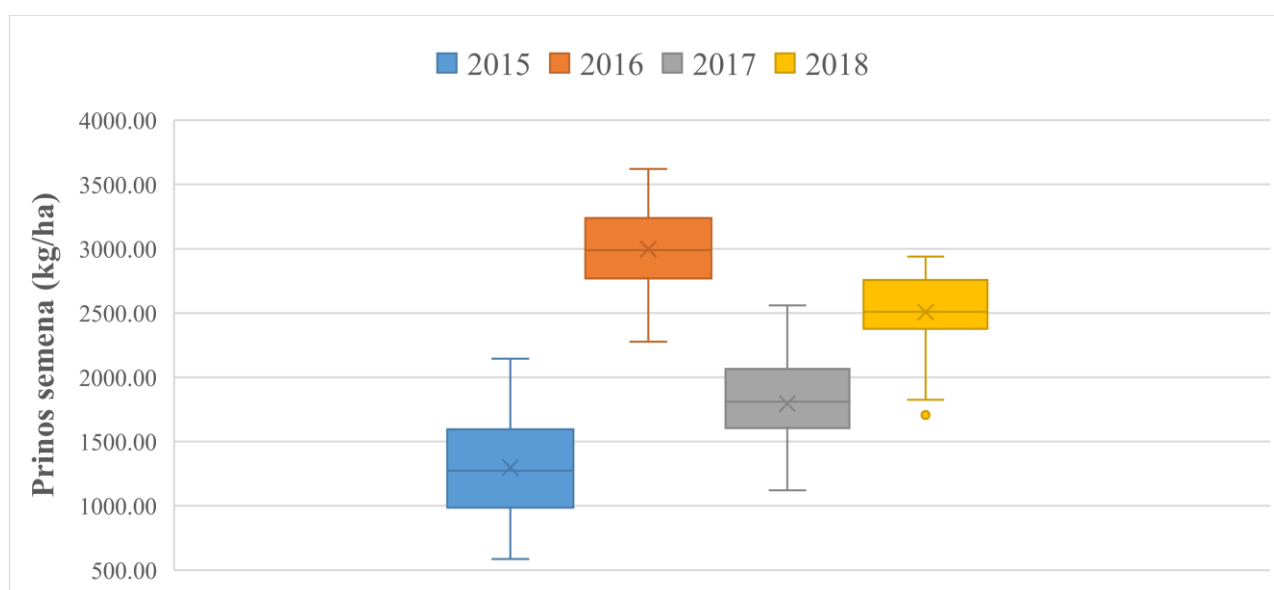
pri čemu d_{ij} predstavlja Euklidsku udaljenost između i i j , za $k=1, \dots, q$, x_{ik} i x_{jk} su vrednosti promenljive za objekte i i j , redom. Euklidska udaljenost označava najkraću liniju koja spaja tačke i i j . Tako se klaster analizom vrši grupisanje najslabijih, odnosno najbližih elemenata koji imaju najmanje vrednosti Euklidske distance.

6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

6.1. Prinos i kvalitet semena uljane repice pod uticajem genotipa i spoljne sredine

6.1.1. Prinos semena

Prosek prinosa semena u sve četiri ispitivane godine bio je 2149.36 kg (Tabela 7). Najviše prosečne vrednosti prinosa su ostvarene 2016. (2996.68 kg/ha), a najniže 2015. godine (1298.88 kg/ha). Maksimalna vrednost prinosa u 2015. godini bila je niža od najniže vrednosti prinosa u 2016. (Grafikon 5). Jedan genotip (NS-L-45), obeležen kružićem na Grafikon 5, je imao ekstremno nizak prinos u 2018. godini. Najveća interkvartilna razlika je bila 2015., a najmanja 2018. godine. Obzirom da se interkvartilne razlike u različitim godinama nisu međusobno podudarale, zaključuje se da se prinos značajno razlikovao između godina, što je potvrđeno i Duncan-ovim testom. Vujaković et al. (2015) su takođe primetili da prinos sorti uljane repice značajno varira između godina.



Grafikon 5. Kutijasti dijagram za prinos semena uljane repice u periodu 2015–2018.

Posmatrajući četvorogodišnji prosek, po visokom prinosu se ističu Jelena, NS-L-32, NS-L-136 i NS-H-R-3. U tom periodu su NS-L-45 i NS-L-46 imali najniži prinos, pre svega zbog veoma niskih prinosa u 2015., koji su bili niži od 1000 kg/ha. Najvišu genotipsku vrednost prinosa semena u 2015. su imale linije NS-L-32 i NS-L-251. Najniža genotipska vrednost prinosa za sve četiri godine je izmerena 2015. kod sorte Nena 585.67 kg/ha. Jako nizak prinos, ispod 800 kg/ha su imale linije NS-L-46, NS-L-45, NS-L-210 i Forward. Nasuprot ovako malim vrednostima, 2016. je bila veoma povoljna godina, koju je obeležio visoki prinos semena i sadržaja ulja. Polovina od ukupnog broja ispitivanih genotipova je imala prinos viši od 3000 kg/ha. Među njima su se istakli NS-H-R-3 (prinos 3619.67 kg/ha), Jelena (3607.33 kg/ha), NS-L-137 (3565.33 kg/ha), Maidan (3518.33 kg/ha), koji su imali prinose više od 3500 kg/ha. Sorta Slavica je u ovoj godini imala najslabiji prinos, 2276.67 kg/ha. Najprinosniji genotipovi u 2017. godini su bili NS-H-R-3 i Jelena. Najniže prinose te godine su imali NS-L-102 i NS-L-126. U 2018. je Nevena imala 2939 kg/ha prinos semena, što je najviši prinos za tu godinu. Sledeći genotipovi su isto bili veoma prinostni 2018.: Jelena, NS-L-33, Zorica i NS-L-44. Linije NS-L-45 i NS-L-210 su iste godine imali najniže prinose. Sorta Express je imala u proseku 400 kg niži prinos u odnosu na prosečan prinos ove sorte u radu Ozturk et al. (2019).

Rang u kom je između godina varirao prinos semena genotipova Maidan, NS-L-210, Nevena, Jelena, Forward i Nena bio je veći od 2300 kg/ha. S druge strane, najmanje variranje genotipske vrednosti za prinos između godina od 859.67 kg/ha je imala Slavica.

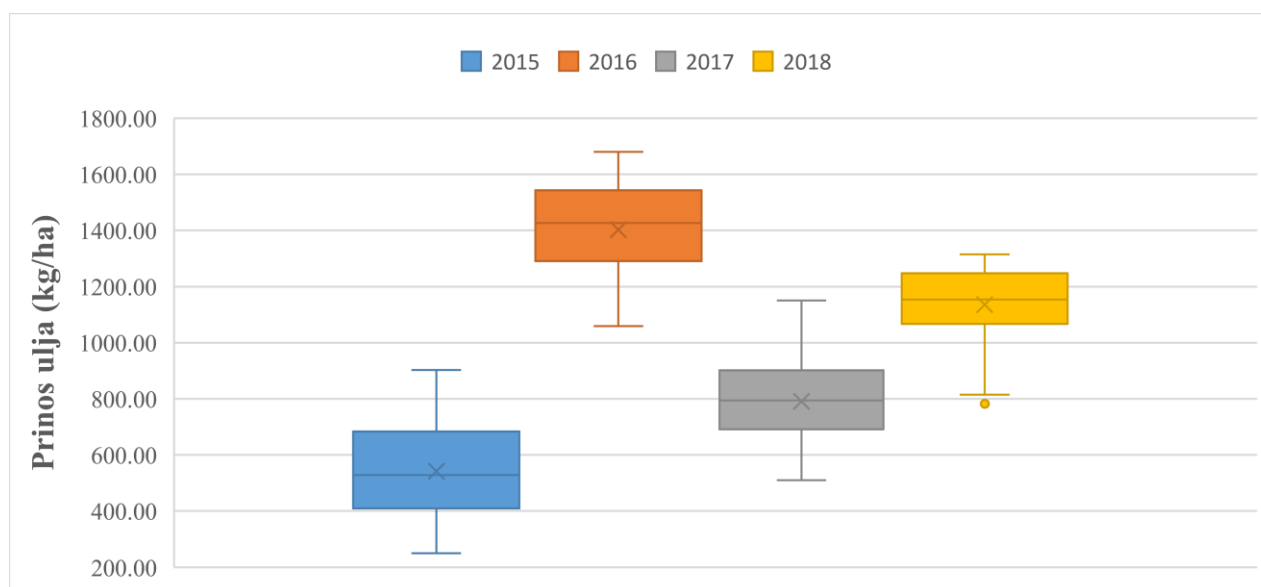
Tabela 7. Genotipske vrednosti prinosa semena (kg) od 2015–2018. godine sa prosecima za svaki genotip i godinu

Genotip	2015	2016	2017	2018	Prosek
NS-H-R-1	1127.67	2607.00	1994.33	2444.33	2043.33 fghij
NS-H-R-2	1192.33	3102.67	2205.33	2116.67	2154.25 lmn
NS-H-R-3	1172.00	3619.67	2559.00	2400.00	2437.67 u
BANAĆANKA	1059.00	3128.33	1742.33	2283.33	2053.25 fghij
SLAVICA	1781.33	2276.67	2093.33	2641.00	2198.08 no
VALESKA TAMNA	1404.00	2524.67	1527.67	2490.67	1986.75 ef
VALESKA SVETLA	1235.67	2955.33	1631.33	2434.33	2064.17 ghij
ZLATNA	1311.33	2614.67	1855.00	2417.33	2049.58 fghij
NS-L-74	961.67	2555.67	2089.00	2463.33	2017.42 fgh
BRANKA	863.33	3077.67	2085.00	2085.67	2027.92 fgghi
EXPRESS	1598.00	3018.67	1829.33	1927.67	2093.42 ijkl
NS-L-7	1559.00	2866.67	1927.67	2796.67	2287.50 qr
NEVENA	852.00	3342.00	1812.33	2939.00	2236.33 opq
VALESCA	1184.00	2881.33	1234.33	2751.33	2012.75 gh
ILIA	1205.00	3001.00	2105.00	2510.00	2205.25 no
KATA	833.33	2678.33	1504.33	2338.67	1838.67 bc
NENA	585.67	2955.33	2137.67	2760.00	2109.67 jkl
NS-L-31	1074.33	2421.00	1620.67	2834.33	1987.58 fg
NS-L-126	1549.33	2686.67	1183.33	2369.00	1947.08 de
NS-L-33	1590.00	3029.67	1760.67	2832.67	2303.25 rs
NS-L-128	1481.67	2807.33	1250.33	2510.67	2012.50 fg
SVETLANA	1789.00	2493.00	1704.33	2774.00	2190.08 mno
JASNA	1222.33	2977.67	1604.00	2716.67	2130.17 klm
NS-L-101	1374.00	2917.33	1316.67	2461.67	2017.42 fgh
ZORICA	1622.33	3048.00	1900.00	2827.67	2349.50 st
NS-L-102	1603.67	3119.67	1121.00	2499.33	2085.92 hijk
NS-L-134	1643.33	2757.00	1866.33	2529.67	2199.08 no
NS-L-32	2144.33	3214.67	2136.00	2658.33	2538.33 v
NS-L-136	1781.67	3248.00	2377.67	2703.33	2527.67 v
NS-L-137	1532.00	3565.33	1704.33	2627.67	2357.33 st
NS-L-138	1665.33	3354.67	1203.33	2641.00	2216.08 nop
NS-L-251	1952.00	2889.00	1701.67	2427.67	2242.58 opqr
NS-L-210	762.67	3378.00	1609.67	1825.67	1894.00 cd
NS-L-44	1477.67	3396.67	1810.00	2790.00	2368.58 t
NS-L-45	748.00	2815.00	1704.33	1706.67	1743.50 a
NS-L-46	670.00	2848.00	1472.33	2209.33	1799.92 ab
NS-L-47	1511.33	3384.00	1977.67	2770.00	2410.75 tu
JELENA	1178.00	3607.33	2522.33	2859.00	2541.67 v
FORWARD	781.33	3185.00	1944.00	2166.33	2019.17 fgh
MAIDAN	875.33	3518.33	2005.67	2706.00	2276.33 pqr
Prosek	1298.88 A	2996.68 D	1795.73 B	2506.17 C	2149.36

Malim slovom su označene razlike između genotipova, a velikim razlike između godina

6.1.2. Prinos ulja

Ekstremne vrednosti, medijana i interkvartilna razlika za prinos ulja u periodu 2015–2018. su prikazane na Grafikon 6. Najmanja interkvartilna razlika je bila 2018. godine. Te godine je bila i najmanja razlika između drugog (medijana) i četvrtog (maksimum) kvartila. Uvidom u grafikon se zapaža da su srednje vrednosti i medijana varirale zavisno od godine ispitivanja. Linija NS-L-45 je u odnosu na druge genotipove u 2018. imala ekstremno nisku vrednost prinosa ulja od 782 kg/ha, koja je prikazana kružićem ispod procenjenog minimuma za tu godinu. Najviše vrednosti prinosa ulja su bile 2016., kada je i prinos semena bio najviši. Weymann et al. (2015) su takođe zaključili da lokaliteti i godine na kojima su ostvareni najviši prinosi ulja uljane repice su imali najviše prinose semena.



Grafikon 6. Kutijasti dijagram za prinos ulja uljane repice u periodu 2015–2018.

U periodu 2015–2018., najvišu genotipsku vrednost za prinos ulja imale su Jelena, NS-L-32 i NS-L-136: 1161.92 kg/ha, 1135.25 kg/ha, 1129.08 kg/ha redom. Njihov prinos ulja bio je viši od prosečnog prinosa ulja sorte standarda Slavice. Ova tri genotipa su imala i najviši prinos semena, što je u suprotnosti sa rezultatima Weymann et al. (2015) koji su utvrdili da genotipovi sa najvišim prinosom semena nemaju najviši prinos ulja. Najniže genotipske vrednosti prinosa ulja od oko 770 kg/ha tokom istog perioda su izmerene kod NS-L-46 i NS-L-45.

Prve analizirane godine, 2015. je najviši prinos ulja imala NS-L-32. Najviši prinos ulja određen 2016. je bio kod H-R-3, 1680 kg/ha. Visok prinos ulja od preko 1580 kg/ha su imale sorta Jelena i linije NS-L-137, NS-L-47 i NS-L-44. Najniža izmerena vrednost prinosa ulja 2016., 1059.67 kg/ha kod sorte Slavica je bila viša od proseka za 2015. i 2017. godinu, pa čak i od maksimalne vrednosti u 2015. godini. U 2017. je prinos ulja varirao od 510.33–1150.33 kg/ha. Najviši prinos ulja su imale Jelena, H-R-3 i NS-L-136. Nizak prinos ulja te godine je bio kod NS-L-102, NS-L-138, NS-L-126 i NS-L-128. Poslednje analizirane godine su najviši prinos ulja imale Nevena, Jelena i NS-L-7.

Najviši godišnji prosek prinosa ulja od 1402.75 kg/ha je bio 2016., a najniži od 541.73 kg/ha 2015. godine. Duncan-ovim post-hoc testom je utvrđena značajna razlika između ispitivanih godina, pa je svaka godina svrstana u posebnu grupu (Tabela 8). Najveća varijacija u pogledu prinosa ulja je primećena kod NS-L-210, Maidan, Nevena i H-R-3. Njihov prinos ulja je varirao više od 1200 kg/ha između godina. Najmanje variranje ove osobine su imale sorte Slavica, Svetlana i linija Valeska tamni cvet, čije variranje je iznosilo maksimalno 530 kg/ha.

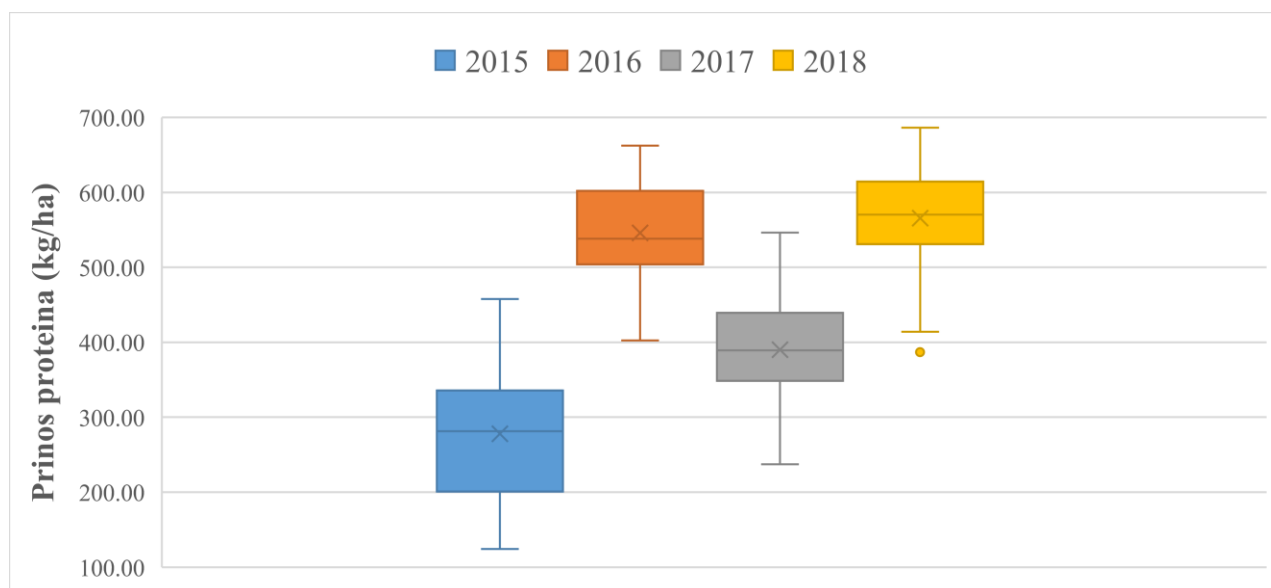
Tabela 8. Genotipske vrednosti prinosa ulja (kg/ha) od 2015–2018. godine sa prosecima za svaki genotip i godinu

Genotip	2015	2016	2017	2018	Prosek
NS-H-R-1	457.67	1224.00	882.33	1095.67	914.92 efgh
NS-H-R-2	482.67	1499.67	982.33	950.67	978.83 lmno
NS-H-R-3	475.67	1680.00	1112.67	1071.33	1084.92 t
BANAČANKA	436.33	1427.00	774.67	1035.33	918.33 fgh
SLAVICA	738.33	1059.67	906.33	1212.33	979.17 lmno
VALESKA TAMNA	563.67	1093.67	616.00	1059.00	833.08 b
VALESKA SVETLA	491.67	1313.00	692.67	1071.00	892.08 def
ZLATNA	563.00	1274.67	829.33	1111.00	944.50 hijk
NS-L-74	401.33	1240.00	953.00	1111.67	926.50 ghi
BRANKA	356.33	1456.00	958.00	973.67	936.00 hij
EXPRESS	685.33	1414.67	829.33	880.00	952.33 ijkl
NS-L-7	680.67	1425.67	891.33	1302.33	1075.00 t
NEVENA	335.00	1549.67	792.67	1315.00	998.08 nopq
VALESCA	480.33	1301.00	531.00	1229.67	885.50 cde
ILIA	511.00	1445.33	943.67	1154.67	1013.67 pq
KATA	346.00	1337.67	673.67	1077.33	858.67 bc
NENA	249.33	1386.33	969.00	1274.00	969.67 klmn
NS-L-31	467.33	1159.00	712.33	1276.67	903.83 defg
NS-L-126	671.00	1254.33	524.33	1066.00	878.92 cd
NS-L-33	676.33	1454.00	796.00	1293.67	1055.00 st
NS-L-128	609.00	1329.67	540.33	1128.67	901.92 defg
SVETLANA	717.67	1110.67	763.00	1241.00	958.08 jklm
JASNA	516.67	1463.00	706.67	1259.33	986.42 mnop
NS-L-101	540.33	1323.00	588.00	1121.00	893.08 def
ZORICA	695.00	1438.00	841.00	1270.33	1061.08 st
NS-L-102	723.67	1563.33	510.33	1166.67	991.00 nop
NS-L-134	686.33	1327.33	849.67	1153.67	1004.25 opq
NS-L-32	903.33	1526.67	905.00	1206.00	1135.25 uv
NS-L-136	757.33	1518.33	1012.33	1228.33	1129.08 u
NS-L-137	629.33	1640.00	707.00	1198.33	1043.67 rs
NS-L-138	689.00	1559.67	511.33	1193.00	988.25 mnop
NS-L-251	841.33	1353.67	768.00	1136.67	1024.92 qr
NS-L-210	311.67	1548.00	691.33	815.00	841.50 b
NS-L-44	602.00	1588.67	775.00	1262.00	1056.92 st
NS-L-45	301.00	1287.67	736.00	782.00	776.67 a
NS-L-46	264.33	1237.67	622.67	956.33	770.25 a
NS-L-47	632.67	1592.67	861.33	1250.33	1084.25 t
JELENA	510.67	1675.67	1150.33	1311.00	1161.92 v
FORWARD	318.33	1453.00	842.67	961.33	893.83 def
MAIDAN	350.33	1578.00	879.33	1208.67	1004.08 opq
Prosek	541.73 A	1402.75 D	790.8 B	1135.27 C	967.64

Malim slovom su označene razlike između genotipova, a velikim razlike između godina

6.1.3. Prinos proteina

Prinos proteina je varirao tokom analiziranih godina. Prosečne vrednosti prinosa proteina 2016. i 2018. godine su bile bliske, uz razliku od 19.49 kg/ha (Grafikon 7). Srednja vrednost i medijana 2018. su bile nešto više od dva puta veće u odnosu na iste vrednosti za 2015. godinu. Interkvartilna razlika je bila najveća 2015., a najmanja 2018. godine. Na Grafikon 7 je kružićem obeležena ekstremno niska vrednost prinosa proteina linije NS-L-45 od 387 kg/ha, koja je izmerena u 2018. godini.



Grafikon 7. Kutijasti dijagram za prinos proteina uljane repice u periodu 2015–2018.

Prosečan prinos proteina u periodu 2015–2018. bio je 447.77 kg/ha (Tabela 9). Kada se posmatraju genotipske vrednosti analiziranih genotipova tokom sve četiri godine, najviši prinos proteina su imale linije NS-L-32 (534.42 kg/ha) i NS-L-136 (527.50 kg/ha). Njihovi prinosi proteina su u svakoj godini bili viši od proseka, a 2015. i maksimalni ostvareni kod NS-L-32, odnosno 2017. kod NS-L-136. Jelena i NS-L-47 su takođe imale visoku vrednost četvorogodišnjeg proseka prinosa proteina. Ova dva genotipa su u svakoj godini izuzev 2015. imala za 50–115 kg/ha viši prinos proteina od godišnjeg proseka. Najniže četvorogodišnje genotipske vrednosti prinosa proteina su imale Kata i NS-L-45. Prosečan prinos proteina sorte Slavica je bio malo iznad četvorogodišnjeg proseka svih genotipova.

Najviši prinos proteina u 2015. godini je imala NS-L-32, a najniži Nena. U 2016. je prosečni prinos proteina bio duplo viši u odnosu na prosek iz 2015. godine. Najviši prinos proteina je imala linija NS-L-210. Pored nje, visok prinos proteina od preko 635 kg/ha su ostvarile H-R-3, Maidan, NS-L-137 i NS-L-44. Najniži prinos proteina, 402.67 kg/ha je imala sorta Slavica. Prosek prinosa proteina svih genotipova je u 2017. godini bio 389.91 kg/ha. H-R-3 i NS-L-136 su imali najvišii, a NS-L-102 najniži prinos proteina te godine. U 2018. Nevena i NS-L-31 su imale najviši prinos proteina, 686.33 kg/ha i 667.67 kg/ha redom.

Najveće variranje prinosa proteina između godina je uočeno kod Nene, NS-L-210 i Nevene. Njihov rang variranja bio je oko 500 kg/ha. Sa druge strane, najmanje variranje između godina su imale linije NS-L-32 i NS-L-251, 148 kg/ha i 173.67 kg/ha redom. Variranje prinosa proteina sorte Slavica je bilo do 217 kg/ha između analiziranih godina.

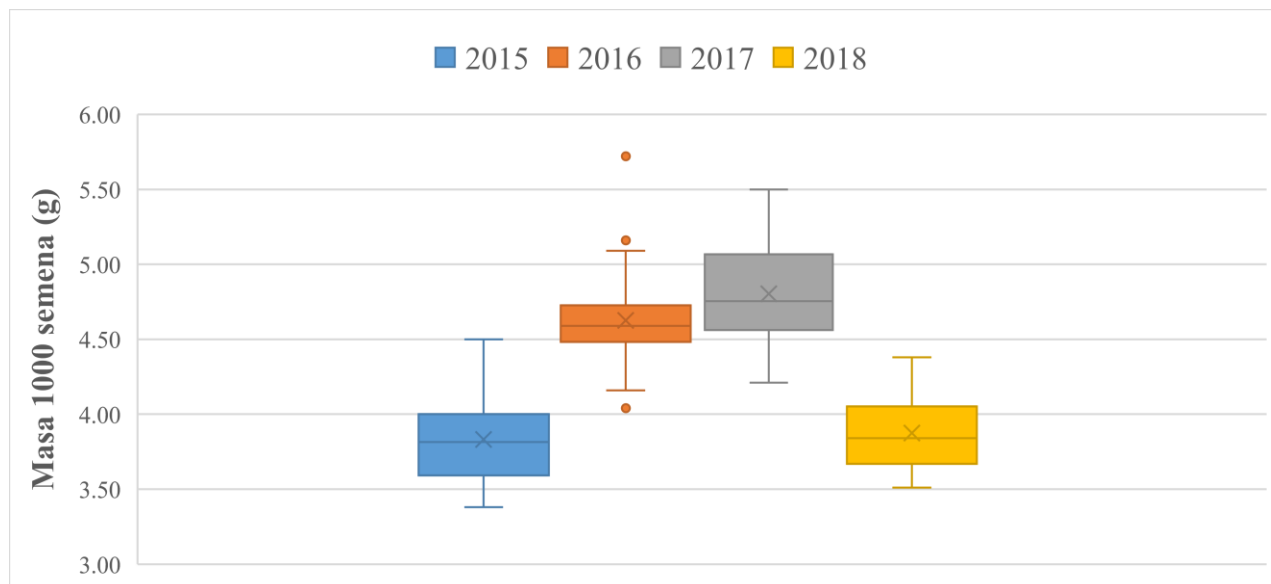
Tabela 9. Genotipske vrednosti prinosa proteina (kg/ha) od 2015–2018. godine sa prosecima za svaki genotip i godinu

Genotip	2015	2016	2017	2018	Prosek
NS-H-R-1	239.67	464.33	433.33	565.67	425.75 fghi
NS-H-R-2	260.33	541.67	482.00	487.33	442.83 jklmno
NS-H-R-3	248.67	646.67	546.33	539.67	495.33 rs
BANAČANKA	232.33	587.67	364.67	510.33	423.75 fghi
SLAVICA	365.00	402.67	463.33	582.00	453.25 no
VALESKA TAMNA	323.00	539.33	355.00	604.33	455.42 o
VALESKA SVETLA	290.33	630.33	390.33	573.00	471.00 pq
ZLATNA	272.67	458.00	391.67	558.00	420.08 efg
NS-L-74	190.33	440.67	425.33	564.00	405.08 bcd
BRANKA	175.67	532.33	418.00	445.00	392.75 b
EXPRESS	338.33	530.33	352.33	435.67	414.17 def
NS-L-7	346.00	502.33	388.33	633.67	467.58 p
NEVENA	190.33	630.00	391.33	686.33	474.50 pq
VALESCA	269.33	572.67	274.33	642.33	439.67 jklm
ILIA	253.33	518.33	458.00	556.33	446.50 klmno
KATA	190.33	456.33	319.00	519.00	371.17 a
NENA	124.33	539.67	453.00	629.67	436.67 ijkl
NS-L-31	232.33	443.67	347.33	667.67	422.75 fgh
NS-L-126	336.00	498.00	272.00	530.67	409.17 cde
NS-L-33	326.33	522.33	344.67	601.33	448.67 lmno
NS-L-128	334.33	515.00	307.67	577.33	433.58 hijk
SVETLANA	409.33	502.67	375.67	631.00	479.67 pq
JASNA	247.33	508.33	363.33	581.67	425.17 fghi
NS-L-101	304.67	534.00	297.33	567.67	425.92 fghi
ZORICA	338.00	556.00	405.67	636.33	484.00 qr
NS-L-102	310.67	521.00	237.33	547.33	404.08 bcd
NS-L-134	349.67	481.00	375.67	557.33	440.92 jklmn
NS-L-32	457.67	582.00	492.33	605.67	534.42 t
NS-L-136	373.33	593.00	534.00	609.67	527.50 t
NS-L-137	322.33	637.33	358.67	574.67	473.25 pq
NS-L-138	327.67	564.67	271.33	556.00	429.92 ghij
NS-L-251	394.00	521.67	358.33	532.00	451.50 mno
NS-L-210	162.67	662.33	367.33	414.00	401.58 bcd
NS-L-44	324.67	635.33	430.67	615.33	501.50 s
NS-L-45	165.33	537.00	398.67	387.00	372.00 a
NS-L-46	154.67	605.33	319.67	519.67	399.83 bc
NS-L-47	324.00	605.00	441.00	621.00	497.75 s
JELENA	250.00	605.00	506.67	634.67	499.08 s
FORWARD	166.67	570.33	434.00	505.67	419.17 efg
MAIDAN	190.33	643.00	450.67	611.00	473.75 pq
Prosek	277.80 A	545.93 C	389.91 B	565.43 D	444.77

Malim slovom su označene razlike između genotipova, a velikim razlike između godina

6.1.4. Masa 1000 semena

Kutijastim dijagramom (Grafikon 8) je prikazano variranje mase 1000 semena u periodu 2015–2018. Najmanja interkvartilna razlika je bila 2016. godine. Te godine je zabeležena ekstremno visoka masa 1000 semena, 5.72 g kod NS-L-44 i 5.16 g kod NS-L-101. Iste godine je izmerena i ekstremno niska masa 1000 semena sorte Express od 4.04 g. Vrednosti medijane, odnosno godišnjeg proseka za 2015. i 2018. godinu su gotovo identične.



Grafikon 8. Kutijasti dijagram za masu 1000 semena uljane repice u periodu 2015–2018.

Genotipska vrednost mase 1000 semena u periodu 2015–2018. bila je 4.28 g (Tabela 10). Najveću genotipsku vrednost mase 1000 semena od 5.02 g u periodu 2015–2018. imala je linija NS-L-44. Ta linija je svake analizirane godine imala najveću vrednost ove osobine. Najmanju četvorogodišnju genotipsku vrednost mase 1000 semena su imale Express (3.91 g) i NS-L-138 (3.92 g). U 2015. godini su linije NS-L-44 i Valeska tamna imale najveću masu 1000 semena. Najmanju genotipsku vrednost ove osobine su imale Kata, NS-L-102 i Svetlana. Sledeće godine je NS-L-44 imala najveću, a Express najmanju masu 1000 semena. U 2017., kada je izmerena najveća prosečna vrednost ove osobine, NS-L-47, NS-L-44, NS-L-45 su se istakle sa masom 1000 semena većom od 5.4 g. Poslednje, 2018. godine, NS-L-44 i NS-H-R-2 su imale najveću, dok su Express i NS-L-128 imale najmanju masu 1000 semena. Dobijene vrednosti mase 1000 semena su bile u skladu sa rezultatima Vujaković et al. (2015) i Vujaković et al. (2010) sa izuzetkom sorte Valesca, koja je u prikazanom radu (Vujaković et al., 2010) imala 0.70 g veću masu 1000 semena u odnosu na najveću izmerenu vrednost u ovoj disertaciji. Prikazane vrednosti sorte Valesca u radu Novickienė et al. (2010) su u skladu sa vrednostima navedenim u Tabela 10. Genotipska vrednost mase 1000 semena sorte Express bila je u proseku za 0.60 g veća od vrednosti za istu sortu, koja je dobijena u radu Ozturk et al. (2019).

Što se tiče variranja genotipske vrednosti mase 1000 semena između godina, ova osobina je najviše varirala kod NS-L-45 i NS-L-47, a najmanje kod Forward. Variranje sorte Slavica između godina je bilo 1.12 g.

Tabela 10. Genotipske vrednosti mase 1000 semena (g) od 2015–2018. godine sa prosecima za svaki genotip i godinu

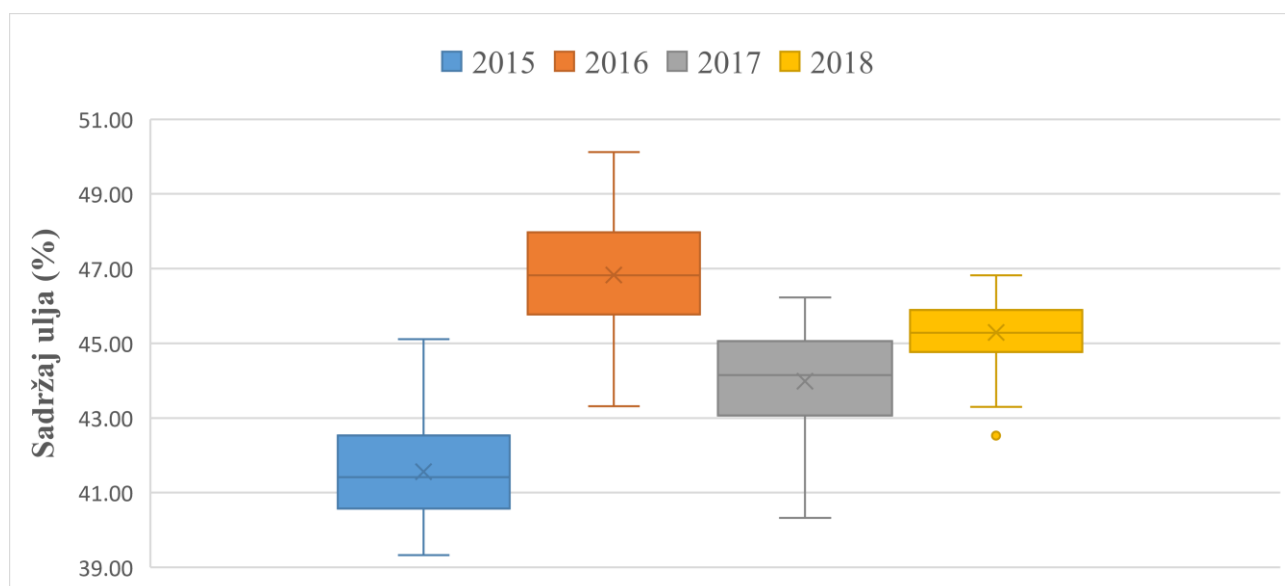
Genotip	2015	2016	2017	2018	Prosek
NS-H-R-1	3.89	4.56	4.67	3.91	4.26 jk
NS-H-R-2	3.94	4.70	5.18	4.35	4.54 st
NS-H-R-3	4.01	4.48	4.71	3.97	4.29 kl
BANAČANKA	4.01	4.79	5.32	3.84	4.49 rs
SLAVICA	3.89	4.23	4.70	3.58	4.10 efg
VALESKA TAMNA	4.43	5.16	5.14	4.24	4.74 u
VALESKA SVETLA	4.17	4.89	5.11	4.14	4.58 t
ZLATNA	3.58	4.31	4.62	3.81	4.08 def
NS-L-74	3.75	4.72	5.30	3.81	4.40 pq
BRANKA	3.51	4.29	4.82	3.91	4.13 fgh
EXPRESS	3.53	4.04	4.57	3.51	3.91 a
NS-L-7	4.19	4.88	4.81	3.89	4.44 qr
NEVENA	3.81	4.51	4.95	4.26	4.38 opq
VALESCA	3.82	4.71	4.38	4.08	4.25 jk
ILIA	3.65	4.49	4.72	3.65	4.13 fgh
KATA	3.38	4.63	4.88	3.65	4.14 fgh
NENA	3.79	4.54	5.08	3.78	4.30 klm
NS-L-31	3.56	4.16	4.57	3.74	4.01 c
NS-L-126	3.94	4.50	4.79	3.74	4.24 jk
NS-L-33	3.50	4.28	4.56	3.59	3.98 bc
NS-L-128	3.82	4.73	4.47	3.53	4.14 fgh
SVETLANA	3.46	4.59	4.61	3.89	4.14 fgh
JASNA	3.78	4.55	5.14	3.84	4.33 lmno
NS-L-101	4.21	5.16	4.42	3.70	4.37 nop
ZORICA	4.28	4.98	5.03	4.00	4.57 t
NS-L-102	3.40	5.09	4.38	3.76	4.16 ghi
NS-L-134	3.92	4.69	4.88	4.00	4.37 nop
NS-L-32	3.81	4.80	4.55	4.06	4.31 klmn
NS-L-136	3.77	4.41	4.21	3.70	4.02 cd
NS-L-137	3.97	4.63	4.38	3.72	4.18 hi
NS-L-138	3.47	4.23	4.39	3.60	3.92 ab
NS-L-251	3.73	4.67	4.92	4.14	4.37 lmno
NS-L-210	3.87	4.59	4.91	4.23	4.40 pq
NS-L-44	4.50	5.72	5.48	4.38	5.02 v
NS-L-45	3.59	4.66	5.44	4.24	4.48 rs
NS-L-46	3.72	4.46	4.59	3.88	4.16 ghi
NS-L-47	4.21	4.58	5.50	3.66	4.49 rs
JELENA	3.60	4.49	4.51	3.55	4.04 cde
FORWARD	4.02	4.63	4.58	4.03	4.31 klmn
MAIDAN	3.83	4.54	4.89	3.60	4.21 ij
Prosek	3.83 A	4.63 C	4.80 D	3.87 B	4.28

Malim slovom su označene razlike između genotipova, a velikim razlike između godina

6.1.5. Sadržaj ulja

Prosečan sadržaj ulja tokom sve četiri vegetacione sezone je bio 44.42% (Tabela 11). Najpovoljnija za gajenje uljane repice je bila vegetaciona sezona 2015/16. kada su biljke imale najviši sadržaj ulja u semenu (46.83%), dok je najniži prosečni sadržaj ulja izmeren u uzorcima semena 2015. godine, 41.56%. Prosečan sadržaj ulja za svaku analiziranu godinu se statistički značajno razlikovao. U proizvodnoj 2014/15., kada je ostvaren najniži prosečni sadržaj ulja, prosečna godišnja temperatura je bila iznad proseka, uključujući i period tokom cvetanja, nalivanja i sazrevanja semena. Iako je količina padavina u maju bila veoma velika, tri puta veća od proseka, u prvoj polovini juna su izostale padavine, a posmatrajući mesečni prosek, količina padavina je bila oko tri puta manja od višegodišnjeg proseka. U vegetacionoj 2015/16. godini sa najvišim izmerenim sadržajem ulja, količina padavina u maju, kada uljana repica cveta i počinje nalivanje semena, je bila tri puta veća od proseka. Pošto padavine nisu jedini faktor koji utiče na sadržaj ulja dešava se da u godinama sa dosta padavina za vreme nalivanja semena sadržaj ulja ne bude očekivano visok (Tettah et al., 2019).

Minimalne, maksimalne i ekstremne vrednosti, medijana i interkvartilna razlika vrednosti sadržaja ulja po godinama su prikazane grafički kutijastim dijagramom (Grafikon 9).



Grafikon 9. Kutijasti dijagram za sadržaj ulja uljane repice u periodu 2015–2018.

Najveća interkvartilna razlika je bila 2016. godine. Srednje vrednosti (obeležene sa x unutar pravogaonika na grafikonu) su bile bliske medijani (poprečna linija unutar pravogaonika na grafikonu) uz odstupanje 0.01–0.16. Linija Valeska tamna je 2018. imala ekstremno nisku vrednost sadržaja ulja u odnosu na druge genotipove, 42.53% što je prikazano u vidu kruga ispod donje granice dijagrama za tu godinu. Ova sorta je i u 2016. i 2017. imala najniži sadržaj ulja, ali te vrednosti nisu bile puno niže u odnosu na druge genotipove.

Genotipska vrednost za sadržaj ulja tokom četiri godine bila je 44.42%. Sorta Slavica je imala genotipsku vrednost sadržaja ulja malo ispod proseka, 44.30%. Najvišu genotipsku vrednost sadržaja ulja od 46.85% tokom svih ispitivanih godina je imala linija NS-L-102, kod koje je 2015. i 2016. ujedno određen i najviši ukupni sadržaj ulja od 45.11%, odnosno 50.12%, redom (Tabela 11). Sadržaj ulja sorte Slavica, korišćene kao standard, je bio na nivou prosečnih vrednosti za sve vegetacione sezone izuzev 2018., kada je ova sorta imala viši sadržaj ulja od proseka. U odnosu na prosečni sadržaj ulja izmeren u 2015., NS-L-102 je imala 3.55% viši sadržaj ulja. Među linijama sa najvišim prosečnim vrednostima ulja (45.35–46.55%) se ističu NS-L-7, NS-L-251, NS-L-33. Prosečni sadržaj ulja tokom sve četiri godine kod sorti Zlatna, Jasna, Ilija, Nena i Express je bio viši od ukupnog proseka i imao je uži opseg variranja 45.18–45.59%.

Tabela 11. Genotipske vrednosti sadržaja ulja (% s. m.) od 2015–2018. godine sa prosecima za svaki genotip i godinu

Genotip	2015	2016	2017	2018	Prosek
NS-H-R-1	40.61	46.95	44.25	44.84	44.16 h
NS-H-R-2	40.51	48.34	44.54	44.92	44.58 k
NS-H-R-3	40.59	46.42	43.47	44.63	43.78 f
BANAČANKA	41.19	45.61	44.47	45.33	44.15 h
SLAVICA	41.45	46.54	43.29	45.91	44.3 i
VALESKA TAMNA	40.13	43.31	40.32	42.53	41.57 a
VALESKA SVETLA	39.78	44.42	42.47	44.00	42.67 c
ZLATNA	42.91	48.75	44.71	45.96	45.59 r
NS-L-74	41.74	48.52	45.62	45.12	45.25 no
BRANKA	41.29	47.31	45.95	46.68	45.31 o
EXPRESS	42.89	46.86	45.33	45.65	45.18 n
NS-L-7	43.65	49.74	46.23	46.57	46.55 s
NEVENA	39.35	46.38	43.73	44.74	43.55 e
VALESCA	40.57	45.15	43.02	44.71	43.36 d
ILIA	42.41	48.16	44.84	46.00	45.35 op
KATA	41.51	49.94	44.78	46.06	45.57 r
NENA	42.53	46.91	45.33	46.15	45.23 no
NS-L-31	43.50	47.87	43.94	45.04	45.09 m
NS-L-126	43.31	46.68	44.30	45.01	44.83 l
NS-L-33	42.53	48.00	45.20	45.67	45.35 op
NS-L-128	41.10	47.36	43.24	44.95	44.16 h
SVETLANA	40.12	44.56	44.77	44.73	43.54 e
JASNA	42.26	49.13	44.05	46.36	45.45 pq
NS-L-101	39.33	45.35	44.66	45.53	43.72 f
ZORICA	42.84	47.18	44.27	44.93	44.8 l
NS-L-102	45.11	50.12	45.50	46.68	46.85 t
NS-L-134	41.78	48.14	45.52	45.61	45.26 no
NS-L-32	42.12	47.50	42.36	45.37	44.34 ij
NS-L-136	42.52	46.74	42.57	45.44	44.32 ij
NS-L-137	41.09	46.00	41.47	45.6	43.54 e
NS-L-138	41.38	46.50	42.5	45.18	43.89 g
NS-L-251	43.10	46.86	45.13	46.82	45.48 q
NS-L-210	40.84	45.82	42.94	44.63	43.56 e
NS-L-44	40.75	46.78	42.81	45.24	43.9 g
NS-L-45	40.23	45.75	43.19	45.82	43.75 f
NS-L-46	39.39	43.45	42.30	43.30	42.11 b
NS-L-47	41.86	47.07	43.56	45.15	44.41 j
JELENA	43.37	46.45	45.60	45.85	45.32 o
FORWARD	40.74	45.62	43.35	44.39	43.52 e
MAIDAN	40.02	44.85	43.84	44.67	43.34 d
Prosek	41.56 A	46.83 D	43.99 B	45.29 C	44.42

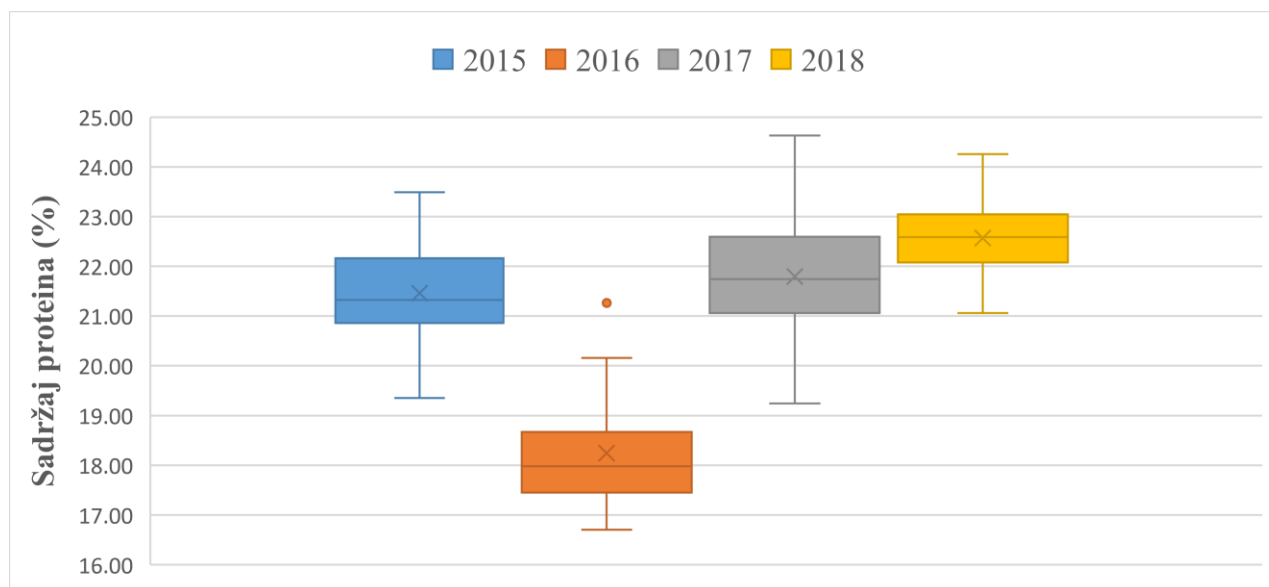
Malim slovom su označene razlike između genotipova, a velikim razlike između godina

Najniža vrednost sadržaja ulja od 39.33% je izmerena 2015. kod linije NS-L-101. Iste godine, nizak sadržaj ulja su imale Nevena, NS-L-46 i Valeska svetla (<40%). U 2016. su Kata, NS-L-7 i Jasna akumulirale više od 49% ulja u semenu. Tada je u uzorcima semena NS-L-46, Valeska svetla i Svetlana određen nizak sadržaj ulja. Naredne godine je NS-L-7 imala najviši sadržaj ulja (46.23%). Sadržaj ulja viši od 45.5% su imale Branka, NS-L-74, NS-L-134. U 2017. je NS-L-137, a u 2018. NS-L-46 imala dosta nizak sadržaj ulja. Po visokom sadržaju ulja u 2018. su se istakle NS-L-251, NS-L-102, Branka, NS-L-7 i Jasna. U ogledu Vujaković et al. (2015) u 2009/10. i 2010/11. sadržaj ulja Banaćanke, Slavice i NS-H-R-2 je bio u okviru izmerenih vrednosti u ovom radu, ili niži, što upućuje da su vremenske prilike tokom izvođenja ogleda u ovoj disertaciji bile povoljnije za gajenje repice, nego u ogledima pre 10, odnosno 11 godina. Novickienė et al. (2010) su dobili slične vrednosti sadržaja ulja za sortu Valeska.

Najveće variranje između analiziranih godina od 8.43% i 7.83% su imale Kata i H-R-2 redom, dok se sadržaj ulja kod Jelene i Valeska tamna najmanje menjao za svega 3.08%, odnosno 3.19%. Variranje sadržaja ulja sorte Slavica između godina je bilo 5.09%.

6.1.6. Sadržaj proteina

Sadržaj proteina je manje varirao tokom analiziranih godina nego sadržaj ulja što potvrđuje i vrednost interkvartilne razlike (Grafikon 10). Poredeći analizirane godine, najviše prosečne vrednosti sadržaja proteina su bile u 2018. godini, 22.57%. Obzirom da je sadržaj ulja u negativnoj korelaciji sa sadržajem proteina (Si et al., 2003; Hu et al., 2013; Gu et al., 2017), 2016. godina, kao godina sa najnižim prosečnim vrednostima proteina je ujedno bila najpovoljnija u pogledu sadržaja i prinosa ulja (Tabela 11, Tabela 8). U 2017. je zabeležena najveća varijabilnost srednjih vrednosti sadržaja proteina. Najveća interkvartilna razlika je bila 2017., a najmanja 2018. godine. Srednje vrednosti su bile bliske medijani uz odstupanje 0.01–0.17. Linije Valeska tamna i Valeska svetla su 2016. imale veoma visoku vrednost sadržaja proteina, koja se izdvaja u odnosu na druge genotipove, 21.37% i 21.34% redom. One su prikazane na Grafikonu 13 u vidu dva kruga iznad gornje granice dijagrama za tu godinu. Ove dve sorte su imale najviše vrednosti sadržaja proteina u periodu 2015–2018. godine (Tabela 12).



Grafikon 10. Kutijasti dijagram za sadržaj proteina uljane repice u periodu 2015–2018.

Posmatrajući sve četiri godine, prosečan sadržaj proteina je bio 21.02%. Sadržaj proteina tokom 2015–2018. je bio u intervalu od 18.24–22.57% s. m. (Tabela 12). Najniže prosečne vrednosti za sve četiri godine su imale NS-L-33, Branka, i NS-L-102. Sorta Slavica je imala niži prosečni sadržaj proteina u odnosu na prosek svih genotipova. Valeska svetla, Valeska tamna i NS-L-46 su se izdvojile sa najvišim prosečnim sadržajem proteina, 23.08%, 22.98% i 22.4% redom. Visok sadržaj

proteina u semenu uljane repice je uticao na razvoj novog pravca oplemenjivanja ove vrste, a to je gajenje za dvostruku namenu: za ulje i proteine. Post-hoc Duncan-ovim testom je utvrđena značajnost razlika sadržaja proteina između ispitivanih godina, pa je svaka godina pripala zasebnoj grupi.

Linije Valeska tamna, Valeska svetla i linija NS-L-46 su imale najviši sadržaj proteina 2015, dok su NS-L-102, NS-L-74 i NS-L-138 imale najniži sadržaj proteina. U narednoj godini, Valeska tamna, Valeska svetla i NS-L-46 su imale najviši, a NS-L-102, Jelena, NS-L-138 najniži sadržaj proteina u semenu. Vrednosti sadržaja proteina sorte Banačanka u 2015. i 2016. godini su u skladu sa srednjim vrednostima koje su dobili Balalic et al. (2017) u ogledima 2010. i 2011. Najviši sadržaj proteina u 2017. i ujedno najviša određena vrednost tokom sve četiri godine, 24.63%, je izmerena kod NS-L-128. Te iste godine najniži sadržaj proteina određen je kod Express i NS-L-33. Maksimalne izmerene vrednosti sadržaja proteina 2016. i 2017. su bile za 3% više od proseka u tim godinama. Četvrte analizirane godine, 2018. je Valeska tamna imala najviši sadržaj proteina 24.26%, a NS-L-138, NS-L-33 i Jasna najniži sadržaj proteina.

Obzirom da su sadržaj ulja i proteina u negativnoj korelaciji, pretpostavka je da će genotipovi sa višim sadržajem ulja imati manji udeo proteina u semenu. Ovim istraživanjem je utvrđeno da kod određenih genotipova to nije bio slučaj. Tako je 2015. NS-L-7 imala 2.09% viši sadržaj ulja od proseka, dok je sadržaj proteina bio za 0.71% viši od proseka za tu godinu (Tabela 11, Tabela 12). Takođe, kod NS-L-31 i NS-L-126, koje su imale do 2% viši sadržaj ulja od godišnjeg proseka, sadržaj proteina je bio do 0.29% viši od proseka. Linija NS-L-31 se istakla i u 2016. godini sa sadržajem ulja 47.87% i 18.34% proteina. U 2017. su H-R-2, Ilija, L-101, Svetlana i NS-L-126 imale povoljan odnos sadržaja ulja i proteina (obe komponente su bile više od godišnjeg proseka). Nena, Zlatna i NS-L-101 su 2018. imale viši sadržaj ulja i proteina od proseka za tu godinu, odnosno kod njih nije izražena toliko jaka povezanost ove dve osobine. Navedeni genotipovi su perspektivni za oplemenjivanje na visok sadržaj ulja i proteina, jer se kod njih sadržaj proteina ne snižava naglo sa povećanjem udela ulja kao što je slučaj kod drugih genotipova. Kod NS-L-46, Valeska svetla, Svetlana i Valeska tamna opseg variranja sadržaja proteina između godina je bio najmanji. Najveću varijabilnost sadržaja proteina tokom godina su imale NS-L-128, Kata i NS-L-138.

Tabela 12. Genotipske vrednosti sadržaja proteina (% s.m.) od 2015–2018. godine sa prosecima za svaki genotip i godinu

Genotip	2015	2016	2017	2018	Prosek
NS-H-R-1	21.26	17.81	21.73	23.14	20.99 m
NS-H-R-2	21.83	17.45	21.85	23.02	21.04 mn
NS-H-R-3	21.22	17.87	21.36	22.48	20.73 j
BANAČANKA	21.96	18.79	20.93	22.36	21.01 mn
SLAVICA	20.48	17.69	22.14	22.05	20.59 hi
VALESKA TAMNA	23.04	21.37	23.26	24.26	22.98 y
VALESKA SVETLA	23.49	21.34	23.94	23.54	23.08 z
ZLATNA	20.80	17.51	21.10	23.08	20.62 i
NS-L-74	19.75	17.23	20.36	22.89	20.06 c
BRANKA	20.34	17.29	20.06	21.34	19.76 b
EXPRESS	21.16	17.57	19.24	22.60	20.14 d
NS-L-7	22.17	17.53	20.15	22.65	20.62 i
NEVENA	22.38	18.85	21.61	23.34	21.55 r
VALESCA	22.75	19.88	22.23	23.35	22.05 v
ILIA	21.04	17.27	21.76	22.17	20.56 h
KATA	22.88	17.04	21.21	22.17	20.83 k
NENA	21.24	18.26	21.21	22.81	20.88 l
NS-L-31	21.60	18.34	21.43	23.56	21.23 o
NS-L-126	21.69	18.55	22.98	22.41	21.41 q
NS-L-33	20.51	17.24	19.58	21.24	19.64 a
NS-L-128	22.57	18.34	24.63	22.99	22.13 w
SVETLANA	22.88	20.16	22.04	22.75	21.96 u
JASNA	20.24	17.08	22.66	21.41	20.35 f
NS-L-101	22.19	18.31	22.60	23.05	21.54 r
ZORICA	20.83	18.24	21.36	22.52	20.74 j
NS-L-102	19.35	16.70	21.15	21.90	19.78 b
NS-L-134	21.29	17.45	20.12	22.02	20.22 e
NS-L-32	21.34	18.10	23.07	22.78	21.32 p
NS-L-136	20.96	18.26	22.46	22.54	21.05 n
NS-L-137	21.03	17.87	21.04	21.87	20.45 g
NS-L-138	19.67	16.84	22.58	21.06	20.04 c
NS-L-251	20.17	18.05	21.05	21.92	20.30 f
NS-L-210	21.35	19.61	22.81	22.67	21.61 s
NS-L-44	21.98	18.71	23.80	22.05	21.64 s
NS-L-45	22.13	19.06	23.38	22.68	21.81 t
NS-L-46	23.10	21.26	21.71	23.52	22.40 x
NS-L-47	21.43	17.88	22.30	22.43	21.01 mn
JELENA	21.25	16.77	20.09	22.21	20.08 c
FORWARD	21.31	17.91	22.33	23.34	21.22 o
MAIDAN	21.75	18.28	22.48	22.57	21.27 op
Prosek	21.46 B	18.24 A	21.80 C	22.57 D	21.02

Malim slovom su označene razlike između genotipova, a velikim razlike između godina

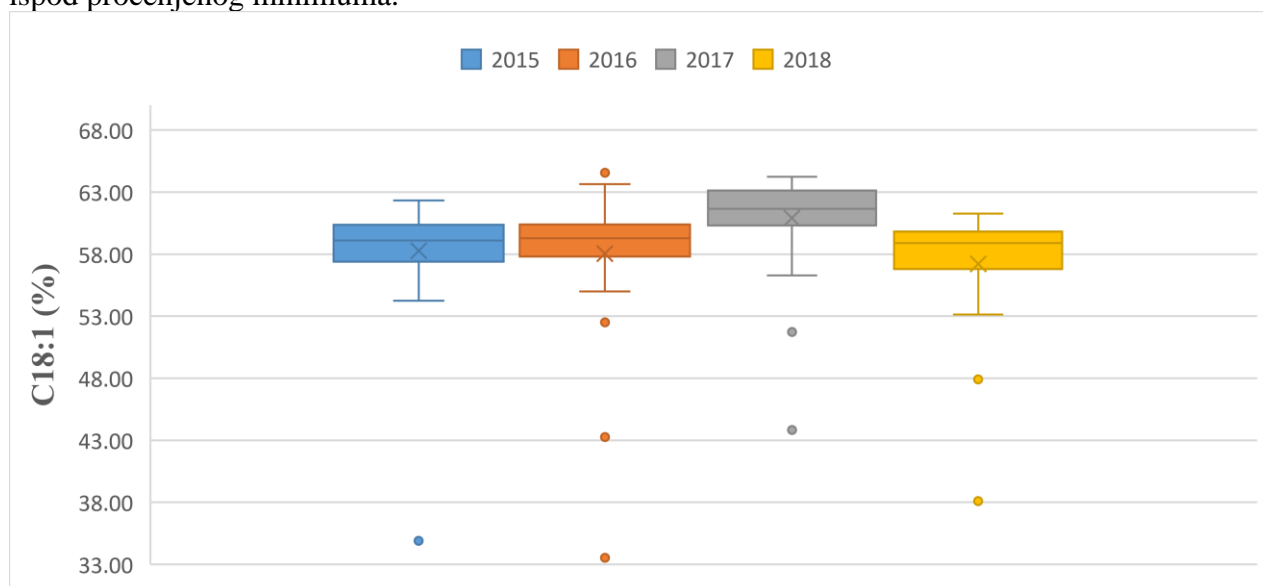
6.1.7. Masno-kiselinski sastav ulja

Gasnom hromatografijom pripremljenih uzoraka ulja uljane repice su identifikovane sledeće masne kiseline: miristinska, palmitinska, stearinska, oleinska, linolna, linolenska, arahidinska, arahidonska, behenska, eruka i lignocerinska kiselina. Zbog malog udela miristinske, arahidinske, arahidonske, behenske i lignocerinske kiseline, koji pojedinačno iznose manje od 1% ukupnih masnih kiselina, njihov sadržaj nije posebno predstavljen, nego samo u ukupnom zbiru zasićenih, odnosno nezasićenih masnih kiselina. Behenska kiselina je detektovana samo u polovini uzoraka iz 2017. godine, dok je ostalih godina bila prisutna u svim, ili u većini genotipova. Lignocerinska kiselina nije detektovana u trećini uzoraka iz 2016., 2017. i 2018. godine. Obzirom na važnost sadržaja eruka kiseline, kao parametra kvaliteta ulja uljane repice, sadržaj ove masne kiseline je uvršten u tabelarni prikaz. Sastav masnih kiselina i udeo zasićenih i nezasićenih masnih kiselina po godinama su prikazani u Tabela 13–Tabela 22.

U svim analiziranim uzorcima je oleinska kiselina bila dominantna masna kiselina sa prosekom od 58.60% za sve četiri godine. Zatim slede linolna (prosek 20.10%) i linolenska kiselina (prosek 11.49%), koje ima skoro dva puta manje u odnosu na linolnu.

6.1.7.1. Sadržaj oleinske kiseline C18:1

Sadržaj oleinske kiseline je malo varirao tokom analiziranih godina što potvrđuju bliske vrednosti interkvartilne razlike (Grafikon 11). Medijane za 2015. i 2016. su imale veoma bliske vrednosti. Sadržaj oleinske kiseline linije NS-L-102 je u sve četiri godine bio ispod procenjenog minimuma. U 2016. je sadržaj C18:1 linije Forward bio viši od procenjenog maksimuma za tu godinu. Nasuprot njemu, genotipovi NS-L-102, Valeska tamna, Nena i Nevena su imali niži sadržaj C18:1 od procenjenog minimuma za 2016. godinu. Valeska tamna je i u 2017. i 2018. imala manje C18:1 od procenjenog minimuma. U 2018. su NS-L-251 i NS-L-102 imali slične vrednosti C18:1, koje su bile ispod procenjenog minimuma.



Grafikon 11. Kutijasti dijagram za sadržaj oleinske kiseline u ulju uljane repice u periodu 2015–2018.

Genotipska vrednost za sadržaj oleinske kiseline analiziranih genotipova u periodu 2015–2018. je varirala od 37.59–61.86% (Tabela 13). Linija NS-L-7 je imala najviši sadržaj oleinske kiseline u ovom periodu. Visoku vrednost četvorogodišnjeg proseka oleinske kiseline od preko 61% su imale i Kata, Jasna, NS-L-31, NS-L-74, NS-L-210, NS-L-45 i Zlatna. Svake analizirane godine, pa tako i u ukupnom proseku, linija NS-L-102 je imala najniži sadržaj oleinske kiseline od 33.53%. Niska vrednost C18:1 u četvorogodišnjem proseku, ispod 50%, je određena i kod Valeska tamna. Sorta Slavica je imala niži sadržaj oleinske kiseline (57.9%) od proseka svih genotipova (59.33%).

Tabela 13. Genotipske vrednosti sadržaja oleinske kiseline (%) u ulju 40 genotipova uljane repice od 2015–2018. godine

Genotip	2015	2016	2017	2018	Prosek
NS-H-R-1	57.23	59.80	61.41	59.16	59.40 no
NS-H-R-2	56.17	59.50	61.30	59.06	59.01klm
NS-H-R-3	59.66	58.47	61.22	56.57	58.98 kl
BANAČANKA	58.37	58.60	60.76	57.17	58.72 ij
SLAVICA	57.90	58.20	60.60	59.40	59.03 klm
VALESKA TAMNA	55.99	43.27	51.73	47.90	49.72 b
VALESKA SVETLA	54.25	53.13	56.63	53.75	54.44 c
ZLATNA	59.34	63.63	62.07	59.43	61.12 xy
NS-L-74	60.15	62.13	63.37	59.93	61.40 z1
BRANKA	59.94	59.20	62.14	61.01	60.57 tuv
EXPRESS	61.42	59.90	63.13	59.23	60.92 wx
NS-L-7	61.70	62.20	63.71	59.83	61.86 2
NEVENA	55.78	52.60	56.28	54.06	54.68 d
VALESCA	56.84	55.00	60.27	58.40	57.63 e
ILIA	58.22	59.23	61.01	58.57	59.26 mn
KATA	61.88	58.83	64.13	61.03	61.47 l
NENA	54.47	52.50	58.83	53.13	54.73 d
NS-L-31	60.57	60.87	63.43	60.56	61.36 z1
NS-L-126	59.73	57.27	63.21	58.36	59.64 pq
NS-L-33	60.48	61.20	61.73	58.84	60.56 tu
NS-L-128	58.27	56.73	61.23	57.50	58.43 gh
SVETLANA	58.74	59.80	63.13	59.16	60.21 s
JASNA	60.44	60.70	64.16	60.55	61.46 l
NS-L-101	56.14	56.73	64.23	56.23	58.33 g
ZORICA	59.02	58.23	60.30	56.70	58.56 hi
NS-L-102	34.91	33.53	43.83	38.10	37.59 a
NS-L-134	58.82	58.33	62.90	57.87	59.48 op
NS-L-32	59.19	57.80	60.23	59.27	59.12 lm
NS-L-136	59.44	59.80	61.60	61.26	60.52 t
NS-L-137	55.72	60.20	56.77	58.40	57.77 f
NS-L-138	58.08	57.83	60.33	58.96	58.80 jk
NS-L-251	58.70	59.37	62.07	38.67	54.70 d
NS-L-210	62.34	62.20	60.77	59.77	61.27 yz1
NS-L-44	59.88	59.93	63.31	60.00	60.78 vw
NS-L-45	60.69	60.03	64.02	59.93	61.17 yz
NS-L-46	58.73	60.47	61.98	58.55	59.93 r
NS-L-47	59.62	61.90	62.93	58.73	60.80 w
JELENA	59.21	58.20	62.27	59.57	59.81 qr
FORWARD	62.28	64.56	60.30	53.60	60.18 s
MAIDAN	61.09	59.33	62.56	59.97	60.74 uvw
Prosek	58.28 C	58.03 B	60.90 D	57.20 A	58.60

Malim slovom su označene razlike između genotipova, a velikim razlike između godina

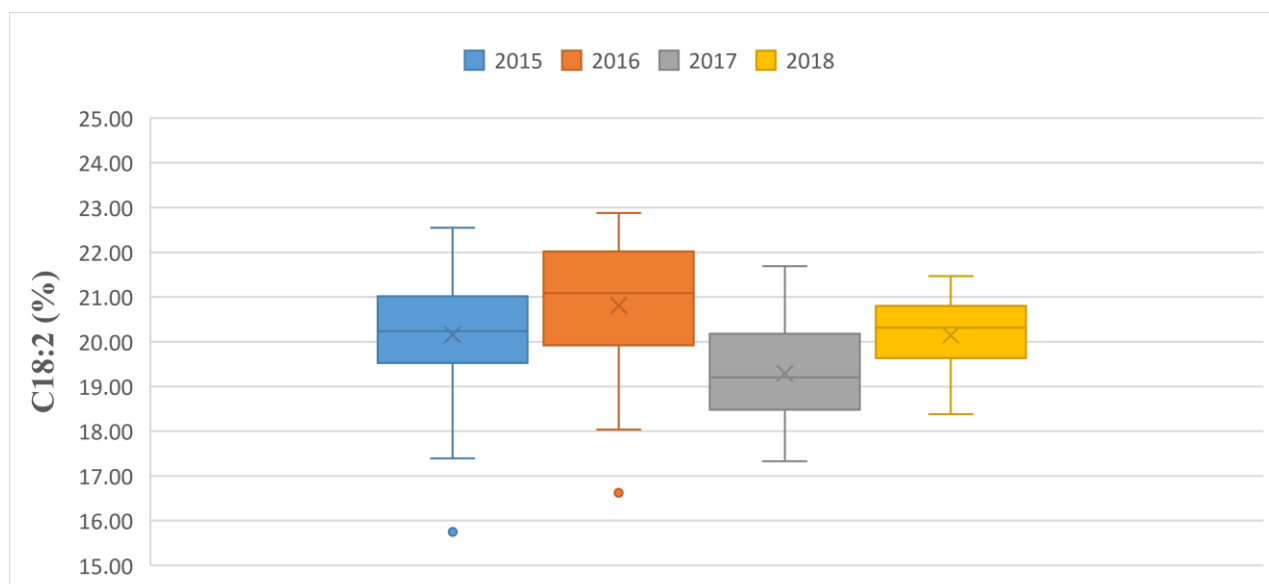
Prosečan sadržaj C18:1 sorte Express je bio oko 4% niži u odnosu na vrednosti iste sorte gajene u regionu jugoistočne Anadolije (Turska) (Ozturk et al., 2019).

Relativni udeo oleinske kiseline u uzorcima ulja iz 2015. godine je bio u rangu 34.91% (NS-L-102) – 62.34% (NS-L-210). Visok sadržaj oleinske kiseline (>61%) su imali genotipovi Forward, Kata, NS-L-7 i Express. Naredne godine su Forward, Zlatna, NS-L-74, NS-L-7 i NS-L-210 imali više od 62% oleinske kiseline. Najviši prosečni sadržaj oleinske kiseline je detektovan u ulju uzoraka iz 2017. godine. Tada su NS-L-101, Jasna, Kata i NS-L-45 imali više od 64% oleinske kiseline. Valeska tamna je imala nizak sadržaj C18:1 od 51.73%. Najviši udeo oleinske kiseline u ulju uzoraka iz 2018. je bio kod NS-L-136, 61.26%. Te godine je prosečni sadržaj oleinske kiseline bio najniži. Linija NS-L-251 je imala samo 38.67% oleinske kiseline.

Prosečne vrednosti oleinske kiseline su između godina najviše varirale kod NS-L-251, u rangu 38.67–62.07%. Najveće odstupanje u variranju ove linije je bilo 2018. godine, kada je udeo oleinske kiseline u ukupnoj smeši masnih kiselina bio za oko 20% niži u odnosu na njen sadržaj u drugim analiziranim godinama. Najmanje variranje između godina je primećeno kod NS-L-136, NS-L-32, NS-L-138 i NS-L-210.

6.1.7.2. Sadržaj linolne kiseline C18:2

Najveća interkvartilna razlika je bila 2016. godine (Grafikon 12). Vrednosti sadržaja C18:2 linije NS-L-102 u 2015. i 2016. godini su bile manje od procenjenog minimuma za te godine.



Grafikon 12. Kutijasti dijagram za sadržaj linolne kiseline u ulju uljane repice u periodu 2015–2018.

Genotipska vrednost za sadržaj C18:2 tokom sve četiri godine bila je 20.10% (Tabela 14). Variranje između godišnjih proseka je bilo do 1.50%. Najniži godišnji prosek je bio 2017., a najviši 2016. godine. Posmatrajući opšti prosek po genotipovima uočava se da linija NS-L-102 ima najniži udeo, a NS-L-137 najviši udeo linolne kiseline u ulju. Sorta Slavica je imala 20.85% linolne kiseline što je viši sadržaj od proseka. Niske vrednosti od oko 18% C18:2 su imale NS-L-210, Forward i Nevena.

Nizak sadržaj linolne kiseline u 2015. godini su pored NS-L-102 imale NS-L-210 i Forward, dok su NS-L-137 i NS-H-R-2 imale najviši sadržaj C18:2. U 2016. godini su NS-L-128 i NS-L-101 imale više od 22.50% linolne kiseline. Kao i prethodne godine, najniži sadržaj je registrovan kod NS-L-102, NS-L-210 i Forward. U 2017. su i Nevena, Maidan i Branka imale niske vrednosti linolne kiseline. Te godine je najviše linolne kiseline u ulju imala NS-L-137. Poslednje analizirane godine su pored NS-L-102 sledeći genotipovi imali manje od 19% linolne kiseline: Forward, NS-L-210, Branka i NS-L-251. Linija NS-L-128 i NS-L-126 su 2018. godine imale najviši sadržaj C18:2.

Variranje sadržaja linolne kiseline po genotipovima između godina je bilo u opsegu 0.86-4.22% od godišnjeg proseka genotipova. Tako je sadržaj linolne kiseline NS-L-101 najviše varirao. Najmanje razlike u godišnjim prosecima imaju Forward, Ilia i NS-L-33.

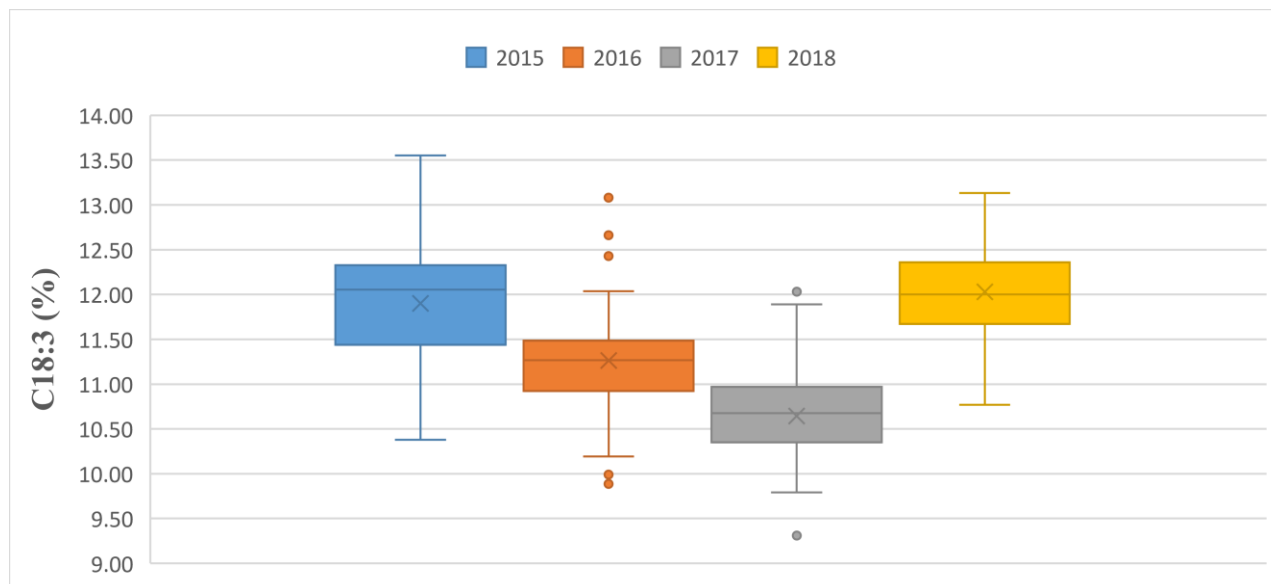
Tabela 14. Genotipske vrednosti sadržaja linolne kiseline (%) u ulju 40 genotipova uljane repice od 2015–2018. godine.

Genotip	2015	2016	2017	2018	Prosek
NS-H-R-1	20.52	21.72	19.84	21.01	20.77 nop
NS-H-R-2	22.29	21.54	19.87	20.56	21.07 qr
NS-H-R-3	20.73	21.30	20.18	20.88	20.77 nop
BANAČANKA	20.83	22.04	20.03	20.24	20.78 nop
SLAVICA	21.06	21.82	20.14	20.39	20.85 op
VALESKA TAMNA	21.31	19.78	20.26	20.20	20.39 hij
VALESKA SVETLA	19.48	20.19	19.08	20.71	19.86 g
ZLATNA	21.00	19.07	20.18	20.93	20.30 hi
NS-L-74	19.50	20.06	18.95	20.03	19.63 f
BRANKA	20.04	19.35	17.60	18.90	18.97 c
EXPRESS	18.89	20.57	18.49	19.62	19.39 e
NS-L-7	19.13	19.95	18.62	19.90	19.40 e
NEVENA	18.79	18.40	17.33	19.38	18.47 b
VALESCA	21.28	22.88	20.27	20.62	21.26 r
ILIA	20.60	21.09	20.16	20.93	20.70 lmno
KATA	19.43	21.28	18.40	19.52	19.66 f
NENA	19.68	19.45	18.17	19.69	19.25 de
NS-L-31	19.21	20.02	18.26	19.88	19.34 e
NS-L-126	19.85	22.23	18.48	21.26	20.45 jklm
NS-L-33	19.77	19.92	19.65	20.72	20.02 g
NS-L-128	21.00	22.84	20.45	21.47	21.44 rs
SVETLANA	20.95	21.94	19.08	20.64	20.65 mno
JASNA	21.17	20.59	18.81	20.51	20.27 hi
NS-L-101	21.82	22.60	18.38	19.10	20.47 ijk
ZORICA	20.37	21.77	19.81	20.73	20.67 klmn
NS-L-102	15.75	16.62	17.58	18.38	17.08 a
NS-L-134	19.77	22.17	19.19	20.83	20.49 ijkl
NS-L-32	20.72	22.12	20.57	20.54	20.99 pq
NS-L-136	20.81	21.84	20.48	19.08	20.55 jklm
NS-L-137	22.55	21.08	21.69	20.87	21.55 s
NS-L-138	21.35	22.22	20.54	20.90	21.25 qr
NS-L-251	21.02	22.06	20.23	18.93	20.56 jklmn
NS-L-210	17.39	18.58	18.60	18.87	18.36 b
NS-L-44	19.62	21.07	19.41	19.98	20.02 g
NS-L-45	20.11	20.98	18.29	19.76	19.78 fg
NS-L-46	21.20	21.25	20.08	21.00	20.88 op
NS-L-47	19.90	19.92	19.22	20.53	19.89 g
JELENA	19.68	22.48	19.01	19.75	20.23 h
FORWARD	17.96	18.04	18.66	18.82	18.37 b
MAIDAN	19.62	19.44	17.52	19.68	19.06 cd
Prosek	20.15 B	20.81 C	19.29 A	20.14 B	20.10

Malim slovom su označene razlike između genotipova, a velikim razlike između godina

6.1.7.3. Sadržaj linolenske kiseline C18:3

Interkvartilne razlike za 2016. i 2017. godinu su bile slične (Grafikon 13). Vrednosti medijane su bile jednake u 2015. i 2018. godini. U 2016. su tri genotipa odstupala od procenjenog maksimuma (Valesca, NS-L-126, NS-L-128), a dva od procenjenog minimuma (Valeska tamna, Zlatna). Linija NS-L-137 je 2017. imala viši sadržaj C18:3 od procenjenog maksimuma, a sorta Jasna niži sadržaj od procenjenog minimuma.



Grafikon 13. Kutijasti dijagram za sadržaj linolenske kiseline u ulju uljane repice u periodu 2015–2018.

Genotipske vrednosti za sadržaj C18:3 po godinama su varirale od 10.64% u 2017. do 12.03% 2018. godine (Tabela 15). U periodu 2015–2018. najnižu genotipsku vrednost za sadržaj linolenske kiseline su imale Jasna, Kata i Valeska tamna. Sorta Jasna je u svim analiziranim godinama osim 2016. imala najniži sadržaj linolenske kiseline. Sorta Slavica je imala C18:3 malo iznad proseka svih genotipova. Najviši prosečni sadržaj C18:3 je izmeren kod Zorice i NS-L-128.

U pogledu količine linolenske kiseline, 2015. godine je linija NS-L-137 imala najviši sadržaj ove nezasićene masne kiseline 13.55%, a najniži sadržaj od 10.38% je detektovan kod sorte Jasna. Sadržaj linolenske kiseline kod NS-L-137 u 2015. je ujedno najviša izmerena vrednost u celom analiziranom periodu. Mali udeo C18:3 u ukupnim masnim kiselinama je primećen kod Valeska tamna, Kata i Valeska svetla. Valeska tamna i Zlatna su jedine imale manje od 10% linolenske kiseline 2016. godine. U 2017. godini, kada je prosečan sadržaj C18:3 bio najniži, manje od 10% ove masne kiseline su imale Jasna (najniža izmerena vrednost za sve četiri godine, 9.31%), NS-L-101, Valeska svetla, NS-L-7, Zlatna i Kata. Ulje NS-L-137 i Zorice je te godine bilo najbogatije linolenskom kiselinom. Sledeće godine je najniža izmerena vrednost C18:3 bila 10.77% (Jasna), a oko 13% su imale linije NS-L-102 i NS-L-251.

Najmanje variranje sadržaja linolenske kiseline između godina je uočeno kod NS-L-32, Jelena i Zorica. Kod NS-L-137, Forward i NS-L-128 sadržaj C18:3 je najviše varirao između godina.

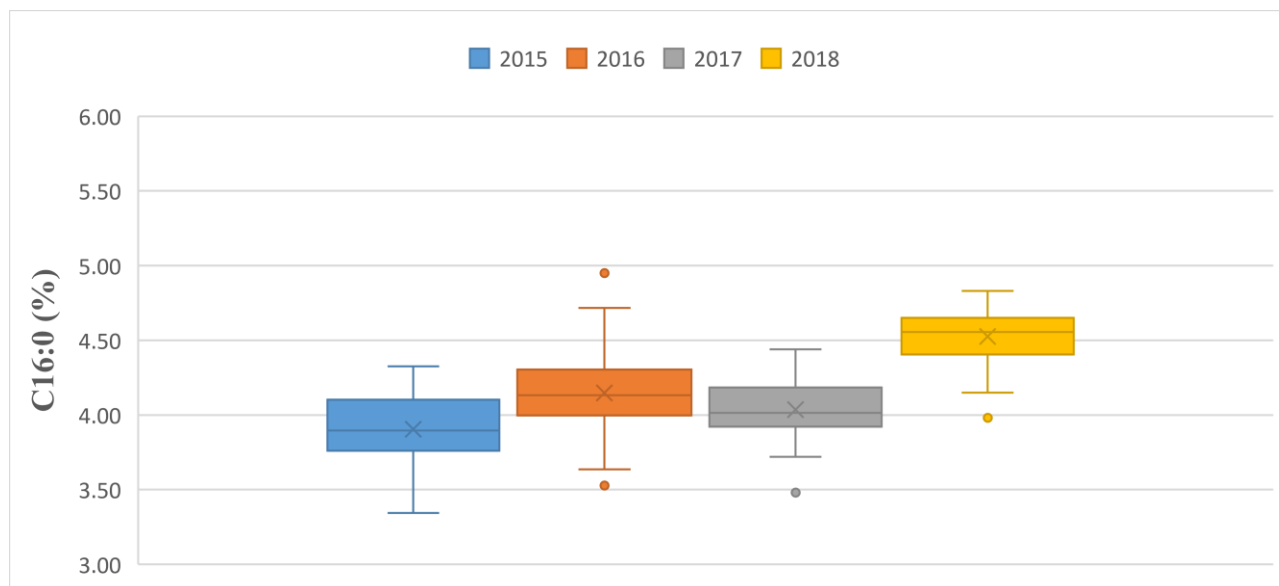
Tabela 15. Genotipske vrednosti sadržaja linolenske kiseline (%) u ulju 40 genotipova uljane repice od 2015–2018. godine

Genotip	2015	2016	2017	2018	Prosek
NS-H-R-1	12.52	11.94	11.19	12.20	11.96 nop
NS-H-R-2	12.26	11.13	10.71	11.76	11.47 hijkl
NS-H-R-3	11.31	11.36	10.77	12.04	11.37 efghij
BANAČANKA	12.36	12.04	11.32	12.34	12.01 opr
SLAVICA	12.32	11.61	10.97	12.21	11.78 mno
VALESKA TAMNA	10.59	9.89	10.09	11.58	10.54 a
VALESKA SVETLA	10.87	10.19	9.80	12.07	10.73 b
ZLATNA	11.19	9.99	9.90	11.53	10.65 ab
NS-L-74	11.39	10.71	10.15	11.83	11.02 c
BRANKA	11.72	11.14	10.55	11.54	11.24 def
EXPRESS	11.14	11.26	10.45	11.60	11.11 cd
NS-L-7	11.43	10.45	9.85	11.60	10.83 b
NEVENA	12.12	11.49	11.04	12.06	11.68 klm
VALESCA	12.40	12.43	11.02	12.49	12.08 pr
ILIA	12.12	10.89	11.01	11.96	11.50 ghijk
KATA	10.62	10.54	9.92	11.02	10.53 a
NENA	11.80	11.04	10.72	12.25	11.45 fghij
NS-L-31	11.65	11.32	10.36	11.77	11.27 defg
NS-L-126	12.38	12.66	10.92	12.19	12.04 pr
NS-L-33	11.76	10.69	10.90	12.38	11.43 efghij
NS-L-128	12.95	13.08	10.59	12.67	12.32 s
SVETLANA	12.33	11.08	10.27	11.93	11.40 fghijk
JASNA	10.38	11.47	9.31	10.77	10.48 a
NS-L-101	12.20	11.30	9.79	11.76	11.26 def
ZORICA	12.80	11.89	11.89	12.85	12.36 s
NS-L-102	11.43	11.36	10.96	13.13	11.72 lm
NS-L-134	11.73	11.27	10.35	12.46	11.45 fghij
NS-L-32	11.55	10.99	10.75	11.61	11.23 cde
NS-L-136	12.20	11.48	10.52	11.43	11.41 efghij
NS-L-137	13.55	10.91	12.03	12.16	12.16 rs
NS-L-138	12.32	11.22	10.61	11.84	11.50 ijkl
NS-L-251	12.37	10.98	10.96	12.97	11.82 mno
NS-L-210	12.05	10.96	10.45	11.83	11.32 defgh
NS-L-44	12.68	11.76	10.64	12.51	11.90 mnop
NS-L-45	12.06	11.42	10.89	11.83	11.55 jkl
NS-L-46	11.81	10.91	10.78	12.23	11.43 efghij
NS-L-47	12.29	11.36	11.16	12.36	11.79 mn
JELENA	12.14	11.97	11.20	11.81	11.78 mno
FORWARD	11.82	10.98	10.44	12.97	11.55 jkl
MAIDAN	11.46	11.40	10.49	11.64	11.25 defgh
Prosek	11.90 C	11.26 B	10.64 A	12.03 D	11.46

Malim slovom su označene razlike između genotipova, a velikim razlike između godina

6.1.7.4. Sadržaj palmitinske kiseline C16:0

Godišnji proseci i medijana za sadržaj C16:0 su bili jednaki (Grafikon 14). U 2016. godini NS-L-44 je imala niži prosečni sadržaj C16:0 od procenjenog minimuma te godine. S druge strane, Slavica je imala natprosečni udeo C16:0, te je ova vrednost bila iznad procenjenog maksimuma.



Grafikon 14. Kutijasti dijagram za sadržaj palmitinske kiseline u ulju uljane repice u periodu 2015–2018.

Analizirani genotipovi su 2015. imali najnižu, a 2018. najvišu genotipsku vrednost za sadržaj palmitinske kiseline (Tabela 16). Četvorogodišnji prosečni sadržaj palmitinske kiseline je malo varirao, od 3.63% do 4.58%. Kod Slavice, NS-H-R-3 i NS-L-137 je prosečni sadržaj C16:0 bio najviši. Najnižu prosečnu vrednost C16:0 je imala linija NS-L-44. Ova linija je sa izuzetkom 2018. u svim praćenim godinama imala najniži sadržaj C16:0. Visok sadržaj palmitinske kiseline 2015. godine su imale NS-H-R-2, NS-L-137, Slavica i Valeska tamna. Te godine su NS-L-44 i NS-L-102 imale najniže vrednosti C16:0 u ulju. U 2016. je Slavica imala najviši prosečni sadržaj C16:0 od 4.95%. To je bio i najviši prosečni sadržaj jednog genotipa u periodu 2015–2018. Najviše palmitinske kiseline 2017. godine je registrovano kod NS-L-137, Slavice i Jasne. Sledeće godine je NS-L-210 imala najviše C16:0. Genotipovi NS-L-126, NS-H-R-3, Slavica i Kata su imali gotov jednak udeo C16:0 u ulju, koji je bio visok. Najniži nivo C16:0 u 2018. godini je imala NS-L-74, 3.98%.

Prosečne vrednosti genotipova su malo varirale između godina, do maksimalnih 1.03% što je bio slučaj kod NS-L-7. Slično variranje je primećeno kod NS-L-102, NS-L-134, NS-L-210 i Jelene. Srednje godišnje vrednosti palmitinske kiseline NS-L-74 su najmanje varirale, svega 0.18%.

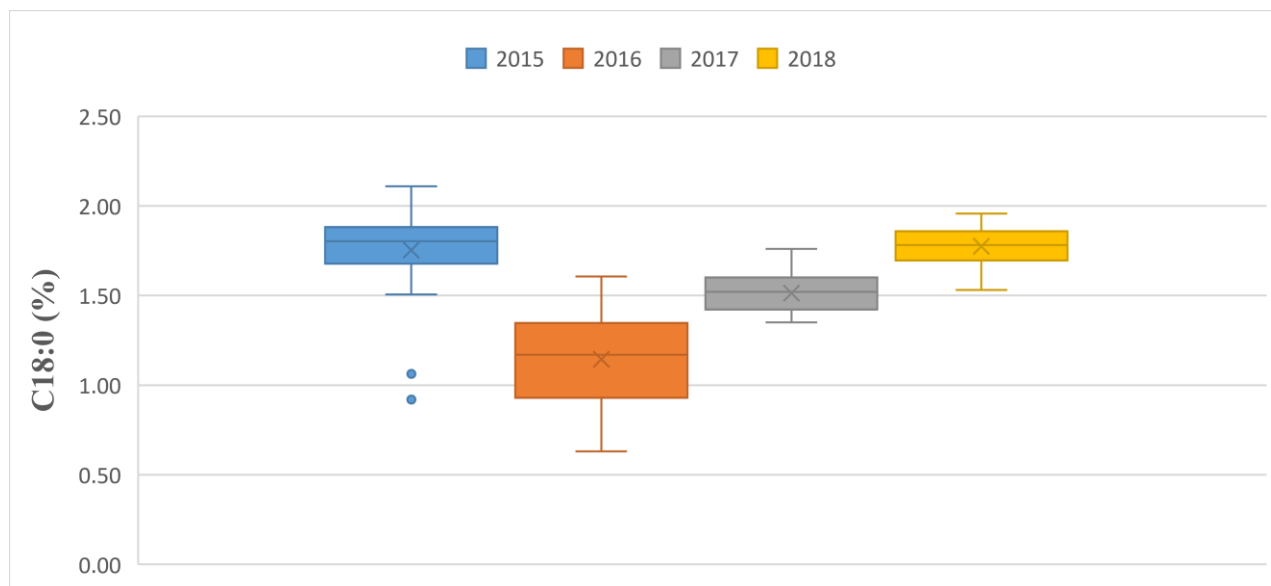
Tabela 16. Genotipske vrednosti sadržaja palmitinske kiseline (%) u ulju 40 genotipova uljane repice od 2015–2018. godine

Genotip	2015	2016	2017	2018	Prosek
NS-H-R-1	4.13	4.30	4.01	4.39	4.21 klmnop
NS-H-R-2	4.33	4.57	4.10	4.61	4.40 qr
NS-H-R-3	4.14	4.72	4.26	4.71	4.46 s
BANAĆANKA	4.12	4.50	4.19	4.54	4.34 qrs
SLAVICA	4.24	4.95	4.43	4.71	4.58 t
VALESKA TAMNA	4.24	4.20	4.34	4.68	4.36 pqr
VALESKA SVETLA	4.03	4.29	4.22	4.37	4.23 klmnop
ZLATNA	4.02	4.38	4.21	4.61	4.30 nopq
NS-L-74	3.82	4.00	4.01	3.98	3.95 bcdef
BRANKA	4.11	4.19	3.93	4.44	4.17 hijklmn
EXPRESS	3.83	4.21	4.07	4.69	4.20 jklmnop
NS-L-7	3.52	3.78	3.72	4.55	3.89 bc
NEVENA	3.63	3.85	3.89	4.41	3.94 bcde
VALESCA	3.97	4.39	4.10	4.65	4.28 mnopq
ILIA	3.87	3.94	4.02	4.45	4.07 efghij
KATA	4.04	4.05	4.15	4.71	4.24 klmnop
NENA	3.82	4.11	4.03	4.46	4.11 fghijk
NS-L-31	3.92	4.16	3.95	4.38	4.10 fghijk
NS-L-126	3.97	4.31	3.98	4.72	4.24 klmnop
NS-L-33	3.99	4.18	4.28	4.60	4.26 lmnop
NS-L-128	3.71	3.86	3.94	4.26	3.94 bcde
SVETLANA	3.94	4.06	4.08	4.61	4.17 hijklmn
JASNA	4.15	4.12	4.37	4.64	4.32 opqr
NS-L-101	3.94	4.13	4.01	4.49	4.14 ghijklm
ZORICA	3.76	4.01	4.05	4.43	4.06 defghij
NS-L-102	3.42	3.64	3.93	4.40	3.85 b
NS-L-134	3.66	4.07	3.73	4.64	4.03 cdefgh
NS-L-32	3.75	3.98	3.90	4.58	4.05 defghi
NS-L-136	3.83	4.17	4.17	4.62	4.20 jklmnop
NS-L-137	4.25	4.39	4.44	4.55	4.41 qr
NS-L-138	4.08	4.35	4.19	4.56	4.30 nopq
NS-L-251	4.16	4.13	4.00	4.36	4.16 hijklmn
NS-L-210	3.86	4.18	3.90	4.83	4.19 ijklmno
NS-L-44	3.34	3.53	3.48	4.15	3.63 a
NS-L-45	3.77	4.06	3.81	4.40	4.01 cdefg
NS-L-46	3.85	3.99	4.00	4.33	4.04 defgh
NS-L-47	3.59	3.82	3.76	4.54	3.93 bcd
JELENA	3.69	4.32	3.81	4.66	4.12 ghijkl
FORWARD	3.85	4.02	4.02	4.65	4.13 ghijklm
MAIDAN	3.86	4.00	3.92	4.65	4.11 fghijk
Prosek	3.90 A	4.15 C	4.03 B	4.53 D	4.15

Malim slovom su označene razlike između genotipova, a velikim razlike između godina

6.1.7.5. Sadržaj stearinske kiseline C18:0

Sa Grafikon 15 se uočava da su prosečne vrednosti i medijane za 2015. i 2018. godinu jednake. Primećuje se da je maksimalna vrednost dobijena u 2016. slična minimalnoj vrednosti za 2018. i procenjenom minimumu za 2015. godinu. Linije NS-L-45 i NS-L-136 su 2015. imale niže vrednosti C18:0 od procenjenog minimuma.



Grafikon 15. Kutijasti dijagram za sadržaj stearinske kiseline u ulju uljane repice u periodu 2015–2018.

Od 2015–2018. godišnji proseci sadržaja stearinske kiseline su varirali od 1.14–1.77% (Tabela 17). Sorta Express je imala najvišu, a NS-L-136 najnižu četvorogodišnju genotipsku vrednost sadržaja C18:0. U 2015. godini je sorta Express imala 2.11% stearinske kiseline u ulju. Ovo je bila najviša izmerena vrednost C18:0 tokom sve četiri godine. Linija NS-L-45 je iste godine imala najniži sadržaj ove masne kiseline. Ulje NS-L-210, NS-L-74, NS-H-R-3 i Express je 2016. godine imalo viši udeo C18:0 u odnosu na druge analizirane genotipove. S druge strane, Forward i NS-L-136 su imali najnižu C18:0 te godine, što su bile najniže izmerene vrednosti u celokupnom analiziranom periodu. U 2017. godina najviše stearinske kiseline oko 1.70% su imali Branka, Express, NS-L-7, Jasna i NS-L-33, a najniži nivo NS-L-137. Najviše prosečne vrednosti stearinske kiseline su bile 2018., kada su NS-L-101 i Jasna imali više od 1.90% C18:0 u ulju. Tada su NS-H-R-1, NS-H-R-2 i NS-H-R-3 imale najniži sadržaj stearinske kiseline.

Linije NS-L-136 i Forward su imali najveće variranje srednjih vrednosti sadržaja stearinske kiseline između godina. Oba genotipa su 2016. godine imali dosta manje vrednosti sadržaja C18:0, nego u ostale tri godine.

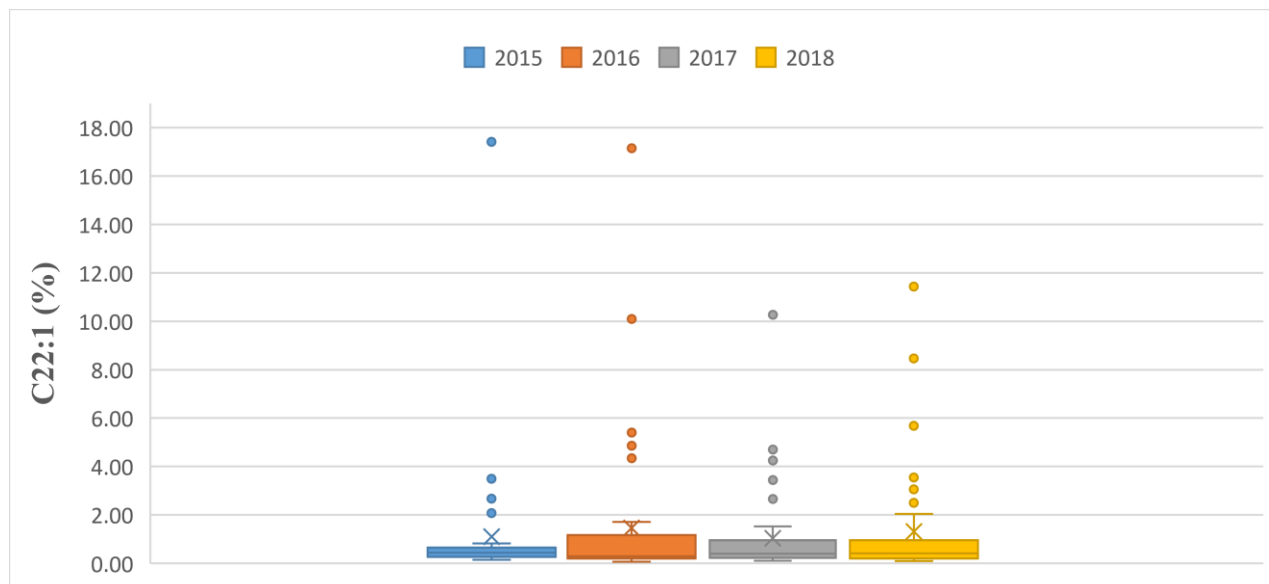
Tabela 17. Genotipske vrednosti sadržaja stearinske kiseline (%) u ulju 40 genotipova uljane repice od 2015–2018. godine

Genotip	2015	2016	2017	2018	Prosek
NS-H-R-1	1.77	1.35	1.58	1.53	1.56 efghijk
NS-H-R-2	1.82	1.43	1.62	1.56	1.61 ghijk
NS-H-R-3	1.60	1.47	1.60	1.56	1.56 cdefghijk
BANAČANKA	1.78	1.33	1.62	1.77	1.62 hijk
SLAVICA	1.88	1.31	1.52	1.67	1.60 fghijk
VALESKA TAMNA	1.91	1.37	1.53	1.73	1.63 hijk
VALESKA SVETLA	1.86	1.34	1.60	1.64	1.61 fghijk
ZLATNA	1.83	1.18	1.52	1.75	1.57 efghijk
NS-L-74	1.97	1.49	1.54	1.65	1.66 ijk
BRANKA	1.67	1.28	1.76	1.88	1.65 jk
EXPRESS	2.11	1.45	1.75	1.92	1.81 l
NS-L-7	1.84	0.97	1.69	1.84	1.59 efghijk
NEVENA	1.95	0.87	1.54	1.77	1.53 bcdefghijk
VALESCA	1.87	1.14	1.46	1.69	1.54 bcdefghijk
ILIA	1.87	0.88	1.48	1.70	1.48 bcdefgh
KATA	1.87	0.96	1.60	1.83	1.56 bcdefghijk
NENA	1.83	1.41	1.62	1.83	1.67 k
NS-L-31	1.92	1.14	1.44	1.69	1.55 cdefghijk
NS-L-126	1.92	1.29	1.60	1.76	1.64 hijk
NS-L-33	1.78	1.16	1.68	1.82	1.61 fghijk
NS-L-128	1.76	0.98	1.41	1.81	1.49 bcdefghi
SVETLANA	1.57	0.84	1.44	1.90	1.44 bcdef
JASNA	1.51	1.11	1.69	1.93	1.56 cdefghijk
NS-L-101	1.91	0.83	1.41	1.96	1.53 bcdefghijk
ZORICA	1.54	0.92	1.40	1.79	1.41 bcd
NS-L-102	1.91	1.39	1.46	1.88	1.66 jk
NS-L-134	1.88	1.18	1.42	1.76	1.56 defghijk
NS-L-32	1.74	0.69	1.36	1.81	1.40 bc
NS-L-136	1.06	0.64	1.37	1.87	1.24 a
NS-L-137	1.53	1.14	1.35	1.68	1.42 bcde
NS-L-138	1.69	1.41	1.43	1.73	1.56 defghijk
NS-L-251	1.65	1.32	1.43	1.85	1.56 cdefghijk
NS-L-210	1.61	1.61	1.45	1.86	1.63 hijk
NS-L-44	1.70	1.33	1.36	1.60	1.50 bcdefghij
NS-L-45	0.92	1.24	1.52	1.86	1.39 b
NS-L-46	1.74	1.09	1.36	1.76	1.49 bcdefg
NS-L-47	1.72	1.02	1.41	1.76	1.48 bcdefgh
JELENA	1.92	0.78	1.52	1.88	1.53 bcdefghijk
FORWARD	1.79	0.63	1.46	1.83	1.43 bcde
MAIDAN	1.88	0.83	1.55	1.89	1.54 bcdefghijk
Prosek	1.75 C	1.14 A	1.51 B	1.77 C	1.55

Malim slovom su označene razlike između genotipova, a velikim razlike između godina

6.1.7.6. Sadržaj eruka kiseline C22:1

Najveća interkvartilna razlika je bila 2016. godine (Grafikon 16). Deo genotipova je imao više vrednosti C22:1 od procenjenog maksimuma, koji se razlikuje zavisno od godine, ali nije prelazio 2%. Genotipovi Valeska tamna, Valeska svetla, Nevena, Nena i NS-L-102 su u svim godinama imali više vrednosti sadržaja C22:1 od procenjenog maksimuma. Linije NS-L-251 i NS-L-101 su samo u 2018. imale višu vrednost od procenjenog maksimuma.



Grafikon 16. Kutijasti dijagram za sadržaj eruka kiseline u ulju uljane repice u periodu 2015–2018.

Godišnji proseci sadržaja eruka kiseline su varirali od 1.04% 2017. godine do 1.46% 2016. godine. Tokom istraživanja je sadržaj eruka kiseline u svakoj godini, pa tako i u četvorogodišnjem proseku bio najviši kod NS-L-102 i iznosio je 14.06% (Tabela 18). Najniži prosečni sadržaj, ispod 0.2% su imale NS-L-136, Jasna i NS-L-126. Većina uzoraka je imala sadržaj eruka kiseline u dozvoljenim granicama, manje od 2%, pa će biti komentarisani samo uzorci koji su odstupali. U 2015. je izmereno 17.41% eruka kiseline kod NS-L-102 i to je bila najviša vrednost za sve četiri godine. Nevena, Valeska svetla i Nena su imale malo povišen nivo eruka kiseline do 3.52%. Valeska tamna je 2016. imala 10.09% eruka kiseline. Nevena i Kata su imale dva puta niži sadržaj C22:1 u odnosu na Valeska tamna. U 2017. su Valeska tamna, Nevena, Valeska svetla i Nena imale viši sadržaj eruka kiseline od dozvoljenog. Sledeće godine su pored genotipova koji su u 2017. imali viši sadržaj C22:1 i linije NS-L-101 i NS-L-251 imali više od 2% ove masne kiseline u ulju. Linija NS-L-251 je imala povišen sadržaj C22:1 samo u 2018. godini, dok je u ostalim analiziranim godinama njen sadržaj bio niži od 0.30%. Ova linija je u 2018. imala dosta niži sadržaj oleinske kiseline (za 20% manje u odnosu na prethodne godine) i viši sadržaj gondoinske kiseline (10% više, rezultati nisu prikazani). Dosta viši sadržaj eruka kiseline 42–54% detektovan je u lokalnim populacijama uljane repice u Španiji (Cartea et al., 2019). Ulje uljane repice sa ovako visokim sadržajem eruka kiseline nije pogodno za ljudsku upotrebu kao jestivo ulje, ali je dobro za industrijske namene.

Najveće variranje sadržaja eruka kiseline između godina je primećeno kod linija NS-L-251, Valeska tamna i NS-L-102. Valeska tamna je samo u 2015. imala oko 2% eruka kiseline dok je u ostalim analiziranim godinama imala do 10% C22:1. Najmanje variranje između godina je uočeno kod NS-L-136. Malo variranje sadržaja eruka kiseline su imale i NS-L-126, NS-L-74, Jasna i NS-L-7.

Tabela 18. Genotipske vrednosti sadržaja eruka kiseline (%) u ulju 40 genotipova uljane repice od 2015–2018. godine

Genotip	2015	2016	2017	2018	Prosek
NS-H-R-1	0.76	0.08	0.32	0.15	0.33 ab
NS-H-R-2	0.61	0.17	0.36	0.44	0.40 ab
NS-H-R-3	0.43	0.65	0.19	0.98	0.56 abc
BANAČANKA	0.30	0.10	0.27	0.95	0.40 ab
SLAVICA	0.48	0.27	0.25	0.12	0.28 ab
VALESKA TAMNA	2.08	10.09	4.70	5.68	5.64 f
VALESKA SVETLA	3.52	4.34	3.44	3.06	3.59 e
ZLATNA	0.47	0.19	0.33	0.11	0.27 ab
NS-L-74	0.33	0.20	0.22	0.29	0.26 ab
BRANKA	0.24	1.71	1.10	0.31	0.84 abc
EXPRESS	0.39	0.28	0.42	0.69	0.44 ab
NS-L-7	0.32	0.22	0.31	0.37	0.30 ab
NEVENA	2.67	5.40	4.25	3.54	3.97 e
VALESCA	0.63	0.96	0.49	0.33	0.60 abc
ILIA	0.74	1.27	0.47	0.56	0.76 abc
KATA	0.29	1.13	0.22	0.13	0.44 abc
NENA	3.50	4.86	2.66	3.59	3.65 e
NS-L-31	0.40	0.24	0.42	0.21	0.32 ab
NS-L-126	0.25	0.16	0.15	0.15	0.18 a
NS-L-33	0.27	0.43	0.19	0.14	0.26 ab
NS-L-128	0.31	0.30	0.51	0.36	0.37 ab
SVETLANA	0.26	0.29	0.53	0.20	0.32 ab
JASNA	0.23	0.15	0.11	0.09	0.14 a
NS-L-101	0.62	1.17	0.36	2.50	1.16 c
ZORICA	0.38	0.48	0.50	0.95	0.58 abc
NS-L-102	17.41	17.15	10.26	11.43	14.06 g
NS-L-134	0.83	0.37	0.44	0.51	0.54 abc
NS-L-32	0.75	1.28	0.68	0.46	0.79 abc
NS-L-136	0.15	0.10	0.13	0.16	0.13 a
NS-L-137	0.46	0.43	1.04	0.49	0.61 abc
NS-L-138	0.60	0.41	0.56	0.33	0.48 abc
NS-L-251	0.23	0.26	0.18	8.47	2.28 d
NS-L-210	0.66	0.44	1.53	0.58	0.80 abc
NS-L-44	0.19	0.28	0.38	0.20	0.26 a
NS-L-45	0.17	0.29	0.14	0.44	0.26 ab
NS-L-46	0.45	0.21	0.19	0.32	0.29 ab
NS-L-47	0.60	0.11	0.12	0.23	0.26 ab
JELENA	0.60	0.29	0.31	0.58	0.45 abc
FORWARD	0.19	0.07	1.48	2.04	0.95 bc
MAIDAN	0.17	1.48	1.43	0.24	0.83 abc
Prosek	1.10 A	1.46 B	1.04 A	1.31 B	1.23

Malim slovom su označene razlike između genotipova, a velikim razlike između godina

6.1.7.7. Sadržaj ukupnih zasićenih i nezasićenih masnih kiselina

Analiza sastava masnih kiselina je pokazala da se ulje uljane repice sastoji uglavnom od nezasićenih masnih kiselina. Sadržaj mononezasićenih masnih kiselina (MUFA) bio je oko dva puta viši u odnosu na sadržaj polinezasićenih masnih kiselina (PUFA) (Tabela 19–Tabela 22). U periodu 2015–2018. godine odnos nezasićenih i zasićenih masnih kiselina (US/S) je bio 14.68., što znači da su nezasićene masne kiseline zastupljene skoro 15 puta više u ulju uljane repice u odnosu na zasićene masne kiseline.

Najniži sadržaj ukupnih mononezasićenih masnih kiselina (oleinske, gondoinske i eruka kiseline) u 2015. godini 57.54% je imala NS-L-137, a najviši 66.63% NS-L-102 (Tabela 19). Sadržaj polinezasićenih masnih kiselina (linolne i linolenske) kod ove dve linije je bio obrnut u odnosu na sadržaj MUFA. Kod NS-L-137 koja je imala najniži sadržaj MUFA je sadržaj PUFA bio najviši, a NS-L-102 je imala najniži sadržaj PUFA. Variranje sadržaja ukupnih nezasićenih masnih kiselina je bilo od 92.28–94.33%. Linija NS-L-45 je imala najviši sadržaj ukupnih nezasićenih masnih kiselina i najpovoljniji odnos nezasićenih i zasićenih masnih kiselina. Genotipovi koji su 2015. bili najbogatiji zasićenim masnim kiselinama (miristinskom, palmitinskom, stearinskom, arahidinskom i behenskom) su NS-H-R-2, Slavica i Valeska tamna, čiji je udeo ukupnih zasićenih masnih kiselina (TS) iznosio više od 6.9%. Najpovoljniji odnos ω -6/ ω -3 masnih kiselina je imala Jasna.

Sadržaj MUFA u 2016. godini je varirao od 58.06–65.64% (Tabela 20). Ulje linija Forward i NS-L-102 je imalo iznad 65% MUFA u ulju. Najniže vrednosti MUFA i najviše PUFA su imale Valesca, NS-L-128 i NS-L-126. Linije Forward i NS-L-32 su imali najviši ukupni sadržaj nezasićenih masnih kiselina i najpovoljniji odnos nezasićenih i zasićenih masnih kiselina. Ova dva genotipa su imala najniži sadržaj, a Slavica najviši sadržaj ukupnih zasićenih masnih kiselina u 2016. Povoljan ω -6/ ω -3 odnos su imale Kata, NS-L-32, NS-L-101 i Valeska tamna.

U 2017. su analizirani genotipovi imali najviši prosečni sadržaj MUFA od 63.90%. Maidan je imao najviši sadržaj MUFA od 66.13% i najniži udeo PUFA od 28.01% (Tabela 21). Linija NS-L-137 je imala najnižu količinu MUFA, a najviše PUFA u ulju. Mali udeo PUFA su imale i Jasna, Branka i NS-L-101. Linija NS-L-102 je imala najniže TUS, a NS-L-44 najviše. U pogledu TS, Slavica i Valeska tamna su imale najviše gotovo jednake vrednosti 6.63% i 6.64%. Ove dve sorte su 2017. imale najmanji odnos nezasićenih i zasićenih masnih kiselina. Zbog najnižeg udela TS i najvišeg TUS, NS-L-44 je imala najviši US/S odnos od 18.27. Sorte Zlatna, Jasna i Valeska tamna su imale ω -6/ ω -3 malo iznad 2, što su bile najviše vrednosti te godine.

Sadržaj MUFA je 2018. varirao od 54.66 do 62.46% (Tabela 22). Ulje najbogatije MUFA su imale Branka, NS-L-136 i Kata. Ova tri genotipa su imala najniže vrednosti PUFA. Posmatrajući sadržaj ukupnih nezasićenih masnih kiselina, vidi se da je NS-L-44 imala najviše TUS 93.78%. Pored toga, NS-L-44 i NS-L-74 su imale najniže TS i posledično najviše vrednosti US/S. Najviši prosečni sadržaj ukupnih zasićenih masnih kiselina su analizirani genotipovi postigli u 2018., 6.94%. Među genotipovima sa najvišim sadržajem TS su se izdvojili Express, NS-L-210, Jasna, Kata i Jelena. Odnos ω -6 i ω -3 masnih kiselina je bio najniži kod NS-L-102, a najviši kod Jasne.

Tabela 19. Genotipske vrednosti sadržaja ukupnih zasićenih i nezasićenih masnih kiselina (%) 40 genotipova uljane repice u 2015. godini

Genotip	TS	MUFA	PUFA	TUS	US/S	ω-6/ω-3	ukupno
NS-H-R-1	6.70	59.78	33.05	92.83	13.86	1.64	99.53
NS-H-R-2	6.96	58.28	34.55	92.83	13.34	1.82	99.78
NS-H-R-3	6.51	61.45	32.04	93.49	14.36	1.83	100.00
BANAČANKA	6.72	59.98	33.18	93.17	13.87	1.69	99.88
SLAVICA	6.94	59.68	33.38	93.06	13.41	1.71	100.00
VALESKA TAMNA	6.90	60.38	31.90	92.28	13.37	2.01	99.18
VALESKA SVETLA	6.65	62.08	30.35	92.43	13.90	1.79	99.08
ZLATNA	6.61	61.20	32.19	93.39	14.13	1.88	100.00
NS-L-74	6.57	61.85	30.89	92.74	14.12	1.71	99.30
BRANKA	6.54	61.48	31.76	93.23	14.25	1.71	99.78
EXPRESS	6.71	63.25	30.04	93.29	13.90	1.70	100.00
NS-L-7	6.10	63.33	30.56	93.89	15.38	1.67	99.99
NEVENA	6.34	61.46	30.91	92.37	14.58	1.55	98.70
VALESCA	6.55	59.42	33.68	93.10	14.21	1.72	99.65
ILIA	6.47	60.65	32.72	93.37	14.42	1.70	99.84
KATA	6.58	63.37	30.05	93.42	14.20	1.83	100.00
NENA	6.38	62.14	31.48	93.62	14.67	1.67	100.00
NS-L-31	6.54	62.42	30.86	93.28	14.26	1.65	99.82
NS-L-126	6.53	61.24	32.23	93.47	14.31	1.60	100.00
NS-L-33	6.51	61.96	31.53	93.49	14.36	1.68	100.00
NS-L-128	6.15	59.90	33.95	93.85	15.26	1.62	100.00
SVETLANA	6.26	60.40	33.28	93.68	14.96	1.70	99.94
JASNA	6.44	61.93	31.55	93.48	14.52	2.04	99.91
NS-L-101	6.61	58.54	34.02	92.56	14.01	1.79	99.17
ZORICA	6.00	60.83	33.17	93.99	15.67	1.59	99.99
NS-L-102	6.01	66.63	27.18	93.81	15.60	1.38	99.82
NS-L-134	6.25	61.29	31.50	92.79	14.86	1.68	99.04
NS-L-32	6.15	61.52	32.27	93.79	15.24	1.79	99.95
NS-L-136	5.57	60.82	33.00	93.82	16.85	1.71	99.39
NS-L-137	6.37	57.54	36.10	93.64	14.70	1.66	100.01
NS-L-138	6.41	59.91	33.67	93.58	14.60	1.73	99.99
NS-L-251	6.48	60.13	33.39	93.52	14.43	1.70	100.00
NS-L-210	6.16	64.39	29.44	93.83	15.23	1.44	99.99
NS-L-44	5.67	61.30	32.30	93.61	16.52	1.55	99.27
NS-L-45	5.41	62.17	32.17	94.33	17.43	1.67	99.75
NS-L-46	6.32	60.68	33.01	93.68	14.82	1.80	100.00
NS-L-47	5.96	61.84	32.19	94.03	15.78	1.62	99.99
JELENA	6.38	61.38	31.82	93.20	14.60	1.62	99.58
FORWARD	6.39	63.70	29.78	93.48	14.62	1.52	99.88
MAIDAN	6.46	62.46	31.08	93.54	14.48	1.71	100.00
Prosek	6.40	61.40	32.09	93.37	14.68	1.70	99.89

TS ukupne zasićene masne kiseline (%), MUFA mononezasićene masne kiseline (%), PUFA polinezasićene masne kiseline, (%) TUS ukupne nezasićene masne kiseline (%), US/S odnos ukupnih nezasićenih i zasićenih masnih kiselina

Tabela 20. Genotipske vrednosti sadržaja ukupnih zasićenih i nezasićenih masnih kiselina (%) 40 genotipova uljane repice u 2016. godini

Genotip	TS	MUFA	PUFA	TUS	US/S	ω-6/ω-3	ukupno
NS-H-R-1	5.96	60.38	33.66	94.04	15.78	1.82	100.00
NS-H-R-2	6.50	60.73	32.67	93.40	14.37	1.94	99.91
NS-H-R-3	6.63	60.71	32.67	93.38	14.08	1.87	100.01
BANAČANKA	6.30	59.63	34.08	93.71	14.87	1.83	100.01
SLAVICA	6.76	59.82	33.43	93.25	13.79	1.88	100.01
VALESKA TAMNA	6.20	64.13	29.67	93.80	15.13	2.00	100.00
VALESKA SVETLA	6.21	63.41	30.38	93.79	15.11	1.98	100.00
ZLATNA	6.05	64.77	29.06	93.84	15.50	1.91	99.89
NS-L-74	5.96	63.27	30.77	94.04	15.78	1.87	100.00
BRANKA	6.19	63.17	30.50	93.67	15.14	1.74	99.86
EXPRESS	6.42	61.56	31.84	93.39	14.54	1.83	99.82
NS-L-7	5.49	63.70	30.39	94.10	17.14	1.91	99.59
NEVENA	5.49	64.39	29.89	94.28	17.18	1.60	99.77
VALESCA	6.24	58.06	35.31	93.37	14.96	1.84	99.61
ILIA	5.54	62.40	31.98	94.38	17.02	1.94	99.93
KATA	5.71	61.85	31.82	93.67	16.39	2.02	99.38
NENA	6.21	62.80	30.49	93.29	15.03	1.76	99.50
NS-L-31	5.95	62.34	31.34	93.69	15.75	1.77	99.64
NS-L-126	6.29	58.67	34.89	93.55	14.87	1.76	99.84
NS-L-33	6.06	63.18	30.61	93.79	15.48	1.86	99.85
NS-L-128	5.52	58.41	35.92	94.32	17.09	1.75	99.84
SVETLANA	5.58	61.39	33.02	94.41	16.92	1.98	99.99
JASNA	5.97	61.97	32.05	94.02	15.75	1.80	99.99
NS-L-101	5.73	60.26	33.90	94.16	16.44	2.00	99.88
ZORICA	5.68	60.04	33.66	93.70	16.49	1.83	99.38
NS-L-102	5.66	65.59	27.98	93.57	16.52	1.46	99.23
NS-L-134	5.91	60.12	33.44	93.56	15.82	1.97	99.48
NS-L-32	5.35	61.53	33.11	94.64	17.69	2.01	99.99
NS-L-136	5.54	61.04	33.32	94.36	17.02	1.90	99.91
NS-L-137	6.08	61.93	31.99	93.92	15.45	1.93	100.00
NS-L-138	6.45	59.66	33.44	93.10	14.43	1.98	99.55
NS-L-251	6.12	60.83	33.04	93.87	15.33	2.01	99.99
NS-L-210	6.48	63.99	29.54	93.52	14.44	1.70	100.00
NS-L-44	5.48	61.54	32.83	94.37	17.23	1.79	99.85
NS-L-45	5.97	61.61	32.39	94.01	15.76	1.84	99.97
NS-L-46	5.79	61.97	32.16	94.12	16.24	1.95	99.92
NS-L-47	5.54	63.18	31.28	94.46	17.05	1.75	100.00
JELENA	5.84	59.69	34.45	94.14	16.11	1.88	99.98
FORWARD	5.34	65.64	29.02	94.66	17.73	1.64	100.00
MAIDAN	5.54	63.46	30.84	94.30	17.01	1.70	99.85
Prosek	5.97	61.96	32.09	93.89	15.86	1.85	99.84

TS ukupne zasićene masne kiseline (%), MUFA mononezasićene masne kiseline (%), PUFA polinezasićene masne kiseline, (%) TUS ukupne nezasićene masne kiseline (%), US/S odnos ukupnih nezasićenih i zasićenih masnih kiselina

Tabela 21. Genotipske vrednosti sadržaja ukupnih zasićenih i nezasićenih masnih kiselina (%) 40 genotipova uljane repice u 2017. godini

Genotip	TS	MUFA	PUFA	TUS	US/S	ω-6/ω-3	ukupno
NS-H-R-1	6.07	62.91	31.03	93.94	15.48	1.77	100.01
NS-H-R-2	6.20	63.22	30.58	93.80	15.13	1.86	100.00
NS-H-R-3	6.30	62.74	30.96	93.70	14.87	1.87	100.00
BANAČANKA	6.29	62.36	31.35	93.71	14.90	1.77	100.00
SLAVICA	6.63	62.26	31.11	93.37	14.08	1.84	100.00
VALESKA TAMNA	6.64	62.74	30.35	93.09	14.03	2.01	99.72
VALESKA SVETLA	6.44	64.68	28.88	93.56	14.53	1.95	100.00
ZLATNA	6.26	63.63	30.08	93.71	14.98	2.04	99.97
NS-L-74	6.12	64.79	29.10	93.89	15.34	1.87	100.01
BRANKA	6.24	65.58	28.15	93.73	15.02	1.67	99.97
EXPRESS	6.34	64.64	28.94	93.58	14.76	1.77	99.92
NS-L-7	6.07	65.45	28.47	93.92	15.47	1.89	99.99
NEVENA	6.09	65.55	28.37	93.92	15.42	1.57	100.01
VALESCA	6.31	62.32	31.29	93.61	14.83	1.84	99.92
ILIA	5.99	62.85	31.17	94.02	15.70	1.83	100.01
KATA	6.30	65.38	28.32	93.70	14.87	1.85	100.00
NENA	6.26	64.85	28.89	93.74	14.97	1.69	100.00
NS-L-31	6.05	65.23	28.62	93.85	15.52	1.76	99.90
NS-L-126	6.05	64.55	29.40	93.95	15.53	1.69	100.00
NS-L-33	6.41	63.04	30.55	93.59	14.60	1.80	100.00
NS-L-128	5.84	63.12	31.04	94.16	16.12	1.93	100.00
SVETLANA	5.91	64.74	29.35	94.09	15.92	1.86	100.00
JASNA	6.52	65.36	28.12	93.48	14.34	2.02	100.00
NS-L-101	5.88	65.95	28.17	94.12	16.01	1.88	100.00
ZORICA	5.92	62.15	31.70	93.85	15.85	1.67	99.77
NS-L-102	6.06	64.43	28.55	92.97	15.34	1.60	99.04
NS-L-134	5.53	64.70	29.54	94.24	17.04	1.85	99.77
NS-L-32	5.94	62.71	31.32	94.03	15.84	1.91	99.97
NS-L-136	6.23	62.72	31.00	93.72	15.05	1.95	99.94
NS-L-137	6.47	59.61	33.72	93.33	14.43	1.80	99.80
NS-L-138	6.14	62.05	31.14	93.19	15.18	1.94	99.33
NS-L-251	5.80	63.01	31.19	94.20	16.24	1.85	100.00
NS-L-210	5.96	64.77	29.04	93.81	15.74	1.78	99.77
NS-L-44	5.19	64.76	30.05	94.81	18.27	1.82	100.00
NS-L-45	5.73	65.09	29.18	94.27	16.45	1.68	100.00
NS-L-46	5.72	63.41	30.87	94.28	16.48	1.86	100.00
NS-L-47	5.61	63.83	30.38	94.21	16.79	1.72	99.82
JELENA	5.81	63.97	30.21	94.18	16.21	1.70	99.99
FORWARD	6.27	64.62	29.11	93.73	14.95	1.79	100.00
MAIDAN	5.86	66.13	28.01	94.14	16.06	1.67	100.00
Prosek	6.09	63.90	29.93	93.83	15.46	1.82	99.92

TS ukupne zasićene masne kiseline (%), MUFA mononezasićene masne kiseline (%), PUFA polinezasićene masne kiseline, (%) TUS ukupne nezasićene masne kiseline (%), US/S odnos ukupnih nezasićenih i zasićenih masnih kiselina

Tabela 22. Genotipske vrednosti sadržaja ukupnih zasićenih i nezasićenih masnih kiselina (%) 40 genotipova uljane repice u 2018. godini

Genotip	SFA	MUFA	PUFA	TUS	US/S	ω-6/ω-3	ukupno
NS-H-R-1	6.36	60.43	33.21	93.64	14.72	1.72	100.00
NS-H-R-2	6.68	61.00	32.32	93.32	13.97	1.75	100.00
NS-H-R-3	6.95	59.65	32.92	92.57	13.31	1.73	99.52
BANAČANKA	7.01	59.63	32.58	92.21	13.15	1.64	99.22
SLAVICA	6.92	60.47	32.60	93.07	13.45	1.67	99.99
VALESKA TAMNA	7.04	58.87	31.78	90.65	12.87	1.74	97.69
VALESKA SVETLA	6.48	60.73	32.78	93.51	14.43	1.72	99.99
ZLATNA	6.84	60.45	32.46	92.91	13.58	1.82	99.75
NS-L-74	6.31	61.58	31.86	93.44	14.80	1.69	99.75
BRANKA	7.02	62.46	30.44	92.90	13.23	1.64	99.92
EXPRESS	7.33	61.36	31.22	92.58	12.63	1.69	99.91
NS-L-7	7.06	61.44	31.49	92.94	13.17	1.72	99.99
NEVENA	6.79	61.76	31.44	93.20	13.73	1.61	99.99
VALESCA	6.99	59.89	33.11	93.00	13.30	1.65	99.99
ILIA	6.77	60.33	32.89	93.22	13.77	1.75	99.99
KATA	7.19	62.13	30.55	92.68	12.89	1.77	99.87
NENA	6.93	60.66	31.95	92.61	13.36	1.61	99.54
NS-L-31	6.57	61.76	31.66	93.42	14.22	1.69	99.99
NS-L-126	7.06	59.48	33.45	92.93	13.16	1.74	99.99
NS-L-33	7.06	59.84	33.10	92.94	13.16	1.67	100.00
NS-L-128	6.67	59.17	34.15	93.32	13.99	1.69	99.99
SVETLANA	7.10	60.31	32.57	92.88	13.08	1.73	99.98
JASNA	7.20	61.52	31.28	92.80	12.89	1.90	100.00
NS-L-101	7.06	61.64	30.86	92.50	13.11	1.62	99.56
ZORICA	6.88	59.48	33.58	93.06	13.53	1.61	99.94
NS-L-102	6.92	60.73	31.51	92.24	13.33	1.40	99.16
NS-L-134	6.99	59.72	33.29	93.01	13.31	1.67	100.00
NS-L-32	6.99	60.86	32.14	93.00	13.30	1.77	100.00
NS-L-136	7.09	62.40	30.51	92.91	13.10	1.67	100.00
NS-L-137	6.79	60.18	33.03	93.21	13.73	1.72	100.00
NS-L-138	6.86	60.40	32.74	93.14	13.58	1.77	100.00
NS-L-251	6.83	54.66	31.90	86.56	12.67	1.46	93.39
NS-L-210	7.22	61.64	30.70	92.34	12.78	1.59	99.57
NS-L-44	6.30	61.28	32.49	93.78	14.88	1.60	100.08
NS-L-45	6.86	61.54	31.59	93.13	13.58	1.67	99.99
NS-L-46	6.74	60.02	33.23	93.25	13.84	1.72	99.99
NS-L-47	6.88	59.99	32.89	92.88	13.50	1.66	99.76
JELENA	7.15	61.29	31.56	92.85	12.99	1.67	100.00
FORWARD	7.09	58.51	31.79	90.30	12.74	1.45	97.39
MAIDAN	7.11	61.25	31.32	92.57	13.02	1.69	99.68
Prosek	6.94	60.69	32.24	92.69	13.45	1.68	99.87

TS ukupne zasićene masne kiseline (%), MUFA mononezasićene masne kiseline (%), PUFA polinezasićene masne kiseline, (%) TUS ukupne nezasićene masne kiseline (%), US/S odnos ukupnih nezasićenih i zasićenih masnih kiselina

6.1.8. Sadržaj i sastav tokoferola

6.1.8.1. Sadržaj α -tokoferola

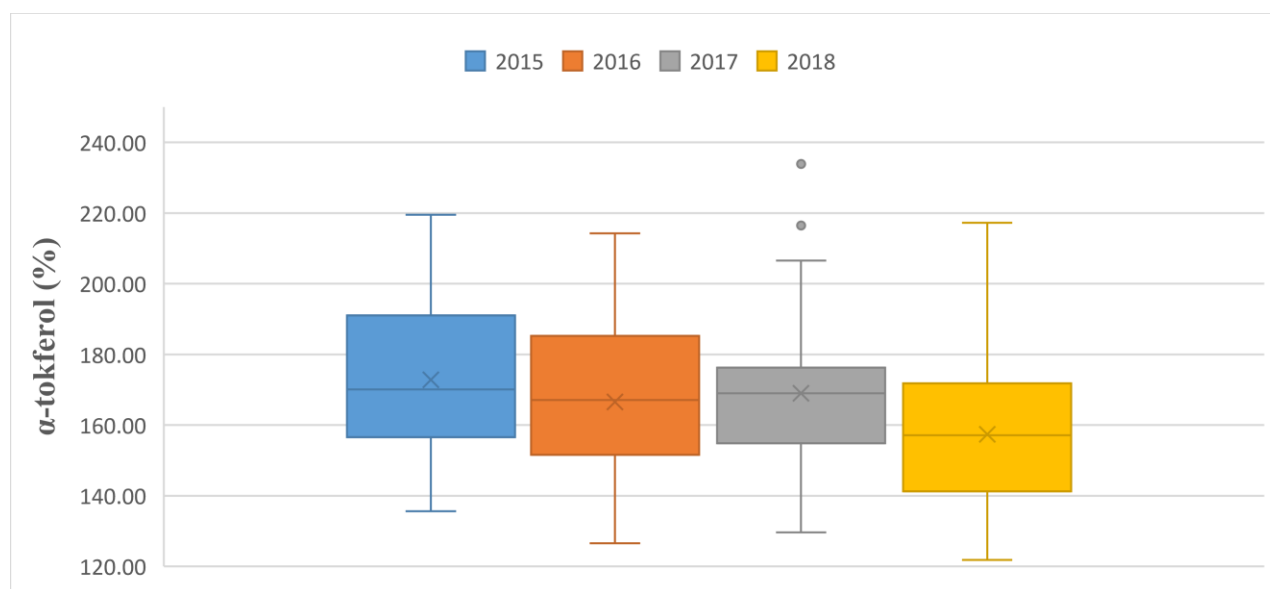
Analizom varijanse sadržaja α -tokoferola u ulju analiziranih genotipova je konstatovana značajnost uticaja genotipa, godine i $G \times E$ interakcije na ispoljavanje ove osobine (Tabela 23). Značajnost ovih faktora na sadržaj α -tokoferola je potvrđen i u drugim studijama (Goffman i Becker, 2002; Siger et al., 2015). Procenat varijacija objašnjenih efektom genotipa, iznosi 48.41% od ukupne varijacije sadržaja α -tokoferola, što ukazuje na najveći efekat genotipa na udeo α -tokoferola u ulju uljane repice. Iako su se prosečne godišnje vrednosti sadržaja α -tokoferola značajno razlikovale za svaku godinu, procenat objašnjene varijacije efektom godina je veoma mali, svega 6.03%.

Tabela 23. Analiza varijanse α -tokoferola tokom četiri godine u ogledu sa 40 genotipova

Izvor varijacije	df	SS	MS	F	Značajnost	% objašnjene varijacije
Total	479	255425.72	533.25			
Tretman	159	233074.79	1465.88	20.99	0.00**	
GEN	39	123662.12	3170.82	45.40	0.00**	48.41
GOD	3	15410.42	5136.81	73.54	0.00**	6.03
$G \times E$	117	94002.24	803.44	11.50	0.00**	36.80
Greška	320	22350.93	69.85			8.75

GEN genotip, GOD godina, $G \times E$ interakcija genotipa i okruženja, SS suma kvadrata, MS sredina sume kvadrata, **značajno na nivou 1%

Vrednost prosečnog sadržaja α -tokoferola i medijane u 2017. godini su bile jednake (Grafikon 17). Najveća interkvartilna razlika je bila 2015., a najmanja 2017. godine. Valeska tamna i Slavica su imale najviše prosečne vrednosti α -tokoferola u 2017., koje su bile više od procenjenog maksimuma za tu godinu.



Grafikon 17. Kutijasti dijagram za sadržaj α -tokoferola u ulju uljane repice u periodu 2015–2018.

Slično rezultatima drugih autora (Wang et al., 2012; Siger et al., 2015; Matthaus et al., 2016) i u uzorcima ulja analiziranim u ovom radu su bili dominantni α - i γ -tokoferoli. Najviši prosečni sadržaj α -tokoferola je zabeležen 2015. godine. Prosečan sadržaj α -tokoferola tokom svih ispitivanih godina je bio najviši kod linije Valeska tamna, kod koje je 2015., 2017. i 2018. ujedno izmeren i najviši sadržaj α -tokoferola od 219.52 mg/kg, 233.88 mg/kg i 217.22 mg/kg redom (Tabela 24). S

druge strane, tokom četiri godine Kata i NS-L-7 su imale najnižu genotipsku vrednost α -tokoferola u ulju 135.93 mg/kg i 137.64 mg/kg redom.

Tabela 24. Genotipske vrednosti sadržaja α -tokoferola (mg/kg) od 2015–2018. godine sa prosecima za svaki genotip i godinu

Genotip	2015	2016	2017	2018	Prosek
NS-H-R-1	150.66	171.40	174.60	160.58	164.31 ijkl
NS-H-R-2	189.28	166.69	174.11	161.21	172.82 mno
NS-H-R-3	162.01	188.38	194.27	172.15	179.20 nop
BANAČANKA	172.91	197.96	192.46	171.94	183.82 pqr
SLAVICA	172.72	185.51	216.49	175.43	187.54 qr
VALESKA TAMNA	219.52	203.44	233.88	217.22	218.51 s
VALESKA SVETLA	191.63	189.82	177.49	172.44	182.85 pqr
ZLATNA	157.80	154.47	176.58	132.55	155.35 efgh
NS-L-74	182.80	164.99	166.59	140.37	163.69 ijkl
BRANKA	174.52	171.80	175.25	142.30	165.97 jklm
EXPRESS	158.53	174.88	174.06	153.60	165.27 jklm
NS-L-7	154.99	131.62	129.63	134.33	137.64 a
NEVENA	144.19	154.03	145.01	139.85	145.77 b
VALESCA	188.65	191.08	172.13	203.18	188.76 r
ILIA	170.73	182.22	166.77	171.21	172.73 mno
KATA	139.42	126.58	136.82	140.89	135.93 a
NENA	165.98	167.43	151.67	131.83	154.23 defg
NS-L-31	169.39	157.29	159.72	175.02	165.36 jklm
NS-L-126	164.43	192.98	168.40	163.06	172.22 mn
NS-L-33	141.64	134.37	147.94	165.95	147.47 bcd
NS-L-128	195.62	172.84	154.53	146.83	167.45 klm
SVETLANA	216.29	214.26	157.39	171.01	189.74 r
JASNA	176.77	185.68	156.28	134.49	163.30 ijkl
NS-L-101	202.04	202.62	149.47	138.36	173.12 mno
ZORICA	160.14	136.35	167.97	148.18	153.16 cde
NS-L-102	169.46	168.74	134.95	172.85	161.50 ghijk
NS-L-134	199.35	179.38	146.07	157.53	170.58 lm
NS-L-32	197.22	184.51	170.01	184.16	183.98 pqr
NS-L-136	191.66	148.60	172.31	149.54	165.53 jklm
NS-L-137	212.61	174.16	202.51	131.35	180.16 opq
NS-L-138	194.59	155.51	176.68	163.96	172.68 mno
NS-L-251	168.45	159.42	169.48	152.44	162.45 hijk
NS-L-210	143.87	150.96	160.47	159.23	153.63 def
NS-L-44	135.56	161.25	166.24	121.83	146.22 bc
NS-L-45	147.50	129.55	146.21	146.15	142.35 ab
NS-L-46	156.08	160.71	155.70	156.59	157.27 efghi
NS-L-47	189.02	136.76	206.56	182.91	178.81 nop
JELENA	176.40	153.49	171.89	142.43	161.05 fghijk
FORWARD	159.36	136.40	186.50	152.25	158.63 efghij
MAIDAN	146.82	142.57	174.20	158.33	155.48 efgh
Prosek	172.77 D	166.52 B	168.98 C	157.39 A	166.41

Malim slovom su označene razlike između genotipova, a velikim razlike između godina

Viši udeo α -tokoferola je primećen kod Svetlana, NS-L-137 i NS-L-101 u 2015. i 2016. godini. U 2015. godini je NS-L-44 imala najniži sadržaj α -tokoferola, a u 2016. Kata. Više od 200 mg/kg α -tokoferola u 2017. su imali Valeska tamna, Slavica, NS-L-47 i NS-L-137. Najniži godišnji prosek je registrovan 2018., kada su samo Valeska tamna i Valesca imali iznad 200 mg/kg α -tokoferola. Rezultati dobijeni u ovom radu su značajno viši u odnosu na one od Goffmana i Beckera (2002), kod kojih je nivo α -tokoferola varirao od 63–157 mg/kg. Analizom dominantnih brendova ulja uljane repice na tržištu Rio Grande do Norte, Grilo et al. (2014) su utvrdili prosečan sadržaj α -tokoferola od 120 mg/kg, koji je blizak minimalnim vrednostima α -tokoferola u ovom istraživanju. Detektovan opseg α -tokoferola u radu Wang et al. (2012) bio je sličan vrednostima iz Tabela 24. Vrednosti α -tokoferola u radu Matthaus et al. (2016) su bile veoma niske, 24–40 mg/kg. Ova razlika verovatno proizilazi iz različitog porekla analiziranih genotipova i prisutne varijabilnosti.

U okviru genotipa, sadržaj α -tokoferola je varirao od 5–81 mg/kg između godina. Najmanje variranje je uočeno kod NS-L-46 od samo 5.01 mg/kg, dok su NS-L-137 i NS-L-47 najviše varirali u pogledu sadržaja α -tokoferola između godina.

6.1.8.2. Sadržaj γ -tokoferola

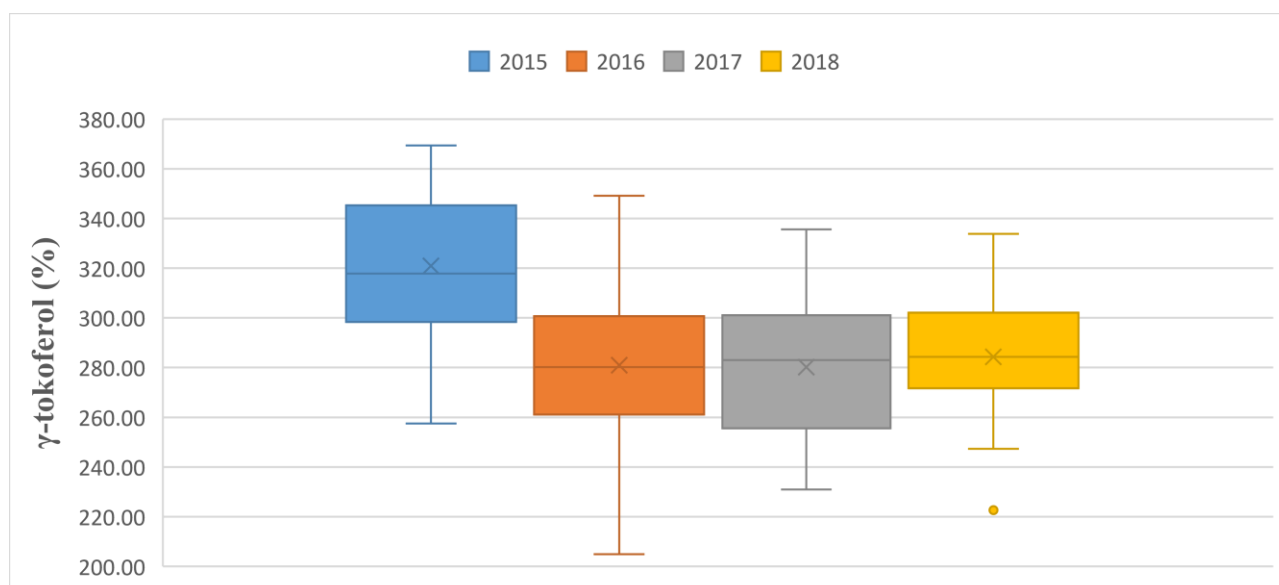
Na sadržaj γ -tokoferola su značajno uticala oba ispitivana faktora, kao i njihova interakcija, koja je obuhvatila najveći deo varijacije γ -tokoferola (Tabela 25). Ovo potvrđuju i istraživanja drugih naučnika (Goffman i Becker, 2002; Siger et al., 2015). Procenat objašnjene varijacije glavnim efekom genotipa i godine je bio skoro jednak i oko 10% manji od udela $G \times E$ interakcije u variranju.

Tabela 25. Analiza varijanse γ -tokoferola tokom četiri godine u ogledu sa 40 genotipova

Izvor varijacije	df	SS	MS	F	Značajnost	% objašnjene varijacije
Total	479	519270.49	1084.07			
Tretman	159	475737.70	2992.06	21.99	0.00**	
GEN	39	141001.54	3615.42	26.58	0.00**	27.15
GOD	3	139190.74	46396.91	341.05	0.00**	26.81
$G \times E$	117	195545.41	1671.33	12.29	0.00**	37.66
Greška	320	43532.80	136.04			8.38

GEN genotip, GOD godina, $G \times E$ interakcija genotipa i okruženja, SS suma kvadrata, MS sredina sume kvadrata, **značajno na nivou 1%

Prosečan sadržaj γ -tokoferola i medijana u 2018. su bili jednaki. Te godine je interkvartilna razlika bila najmanja, a 2015. najveća (Grafikon 18). Vrednost prvog kvartila u 2015. godini je bila svega 2% manja od trećeg kvartila za 2016. i 2017. godinu.



Grafikon 18. Kutijasti dijagram za sadržaj γ -tokoferola u ulju uljane repice u periodu 2015–2018.

Najviši prosečni sadržaj γ -tokoferola je detektovan kod Valesca, NS-L-46 i NS-L-210, a najniži kod Valeska tamna (Tabela 26). U 2015. je godišnji prosek γ -tokoferola bio najviši. Po visokom sadržaju ovog jedinjenja se ističu NS-L-101, NS-L-210, Banaćanka, NS-L-137, NS-L-46, NS-L-128 i Jasna, koji su imali iznad 350 mg/kg γ -tokoferola. Uzorci ulja iz 2016. i 2017. su imali najniži godišnji prosek γ -tokoferola. U 2016. je kod NS-L-46 i NS-L-210 registrovana najviša, a kod Zorice najniža genotipska vrednost za sadržaj γ -tokoferola. Sledeće godine su Valesca, Forward i Slavica prednjačili po udelu γ -tokoferola, dok je Nevena bila genotip sa najnižom izmerenom količinom ovog jedinjenja. Među analiziranim uzorcima u 2018. godini se istakla linija NS-L-33, dok je NS-L-128 bila „najsiriromašnija“ γ -tokoferolima. Ispitivanjem 14 sorti uljane repice turskog porekla dobijene su dosta manje vrednosti γ -tokoferola koje su bile u rasponu 18-51 mg/kg (Matthaus et al., 2016). Koncentracija γ -tokoferola u uzorcima komercijalnog ulja sa brazilskog tržišta je bila 122 mg/kg (Grilo et al., 2014), što je dva puta manje u odnosu na minimalne vrednosti dobijene u ovoj disertaciji. Razlike u pogledu sadržaja γ -tokoferola se mogu pripisati ne samo različitim poreklom uljane repice, nego i drugim lokalitetom i uslovima gajenja. S druge strane, sadržaj tokoferola je niži u rafinisanom ulju u odnosu na hladno ceđeno ulje (Wu et al., 2019), koje je korišćeno u ovom radu. Kod Ilija, NS-L-47, Valesca i Express variranje sadržaja γ -tokoferola između godina nije bilo izraženo. Nasuprot njima, NS-L-128, Zorica i NS-L-101 su imali upadljive razlike u sadržaju γ -tokoferola koje su bile više od 100 mg/kg.

Tabela 26. Genotipske vrednosti sadržaja γ -tokoferola (mg/kg) od 2015–2018. godine sa prosecima za svaki genotip i godinu

Genotip	2015	2016	2017	2018	Prosek
NS-H-R-1	319.80	274.76	261.89	274.95	282.85 fghi
NS-H-R-2	338.31	281.22	262.13	284.31	291.49 ijkl
NS-H-R-3	311.91	300.85	315.99	294.46	305.80 mn
BANAČANKA	364.71	308.40	257.35	284.38	303.71 mn
SLAVICA	300.55	276.55	324.92	304.58	301.65 lmn
VALESKA TAMNA	257.56	233.05	261.88	247.30	249.95 a
VALESKA SVETLA	282.79	258.51	242.00	288.12	267.86 bc
ZLATNA	293.24	253.87	301.43	270.90	279.86 efgh
NS-L-74	298.48	277.26	255.19	284.44	278.84 defgh
BRANKA	318.81	276.85	245.25	276.94	279.46 defgh
EXPRESS	282.09	273.93	272.50	257.02	271.38 cde
NS-L-7	280.55	266.32	250.88	313.62	277.84 cdefgh
NEVENA	303.81	277.14	230.92	262.81	268.67 bcd
VALESCA	331.74	312.06	335.65	322.23	325.42 o
ILIA	293.77	299.99	299.79	288.23	295.44 jklm
KATA	284.70	243.12	256.58	260.14	261.13 b
NENA	326.05	298.79	283.83	282.06	297.68 klmn
NS-L-31	316.44	268.94	255.06	304.51	286.24 ghij
NS-L-126	324.01	314.98	308.06	282.29	307.33 n
NS-L-33	316.79	256.49	297.29	333.80	301.09 lmn
NS-L-128	359.40	286.21	283.18	222.60	287.85 hijk
SVETLANA	339.81	309.95	262.40	289.08	300.31 lmn
JASNA	357.77	319.97	282.95	273.55	308.56 n
NS-L-101	369.42	304.58	253.83	263.19	297.75 klmn
ZORICA	302.49	204.87	296.98	321.37	281.43 efghi
NS-L-102	312.37	279.21	245.28	302.13	284.75 ghij
NS-L-134	324.52	251.26	292.79	272.47	285.26 ghij
NS-L-32	349.34	291.06	269.30	302.82	303.13 mn
NS-L-136	345.20	285.19	293.44	265.94	297.44 klmn
NS-L-137	359.67	287.40	315.53	251.01	303.40 mn
NS-L-138	316.23	220.69	291.81	275.77	276.13 cdefg
NS-L-251	348.51	267.78	312.47	302.06	307.71 n
NS-L-210	364.62	339.02	305.37	284.31	323.33 o
NS-L-44	297.87	290.25	251.69	271.46	277.82 cdefgh
NS-L-45	297.79	255.16	245.33	291.99	272.57 cdef
NS-L-46	359.52	349.21	285.49	302.68	324.23 o
NS-L-47	298.40	285.49	298.95	282.53	291.34 ijkl
JELENA	345.33	259.38	302.50	296.32	300.88 lmn
FORWARD	335.12	305.88	329.64	303.71	318.59 o
MAIDAN	309.24	292.30	268.08	281.60	287.81 hijk
Prosek	320.97 d	280.95 a	280.14 a	284.34 b	291.60

Malim slovom su označene razlike između genotipova, a velikim razlike između godina

6.1.8.3. Sadržaj ukupnih tokoferola

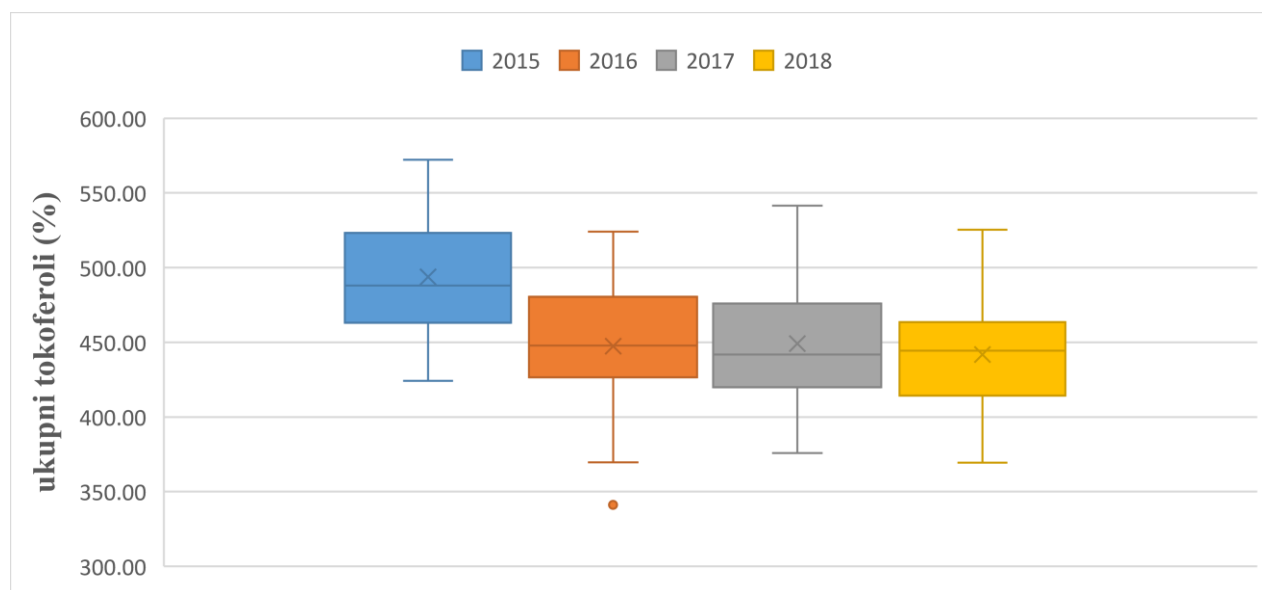
Uvidom u Tabela 27 se uočava značajnost efekta genotipa, godine i njihove interakcije na sadržaj ukupnih tokoferola. Na variranje ukupnog sadržaja tokoferola je najviše uticala $G \times E$ interakcija. Efekat genotipa je učestvovao sa 28.55% u ukupnoj varijaciji. Marwede et al. (2004; 2005) napominju da iako izbor genotipa značajno utiče na sadržaj tokoferola, efekat $G \times E$ interakcije predstavlja glavni izvor variranja. I druga istraživanja su potvrdila uticaj genotipa i okruženja na sadržaj ukupnih tokoferola (Goffman i Becker, 2002; Wang et al., 2012; Siger et al., 2015).

Tabela 27. Analiza varijanse ukupnih tokoferola tokom četiri godine u ogledu sa 40 genotipova

Izvor varijacije	df	SS	MS	F	Značajnost	% objašnjene varijacije
Total	479	1012443.69	2113.66			
Tretman	159	926298.01	5825.77	21.64	0.00**	
GEN	39	289047.03	7411.46	27.53	0.00**	28.55
GOD	3	207765.03	69255.01	257.26	0.00**	20.52
$G \times E$	117	429485.94	3670.82	13.64	0.00**	42.42
Greška	320	86145.69	269.21			8.51

GEN genotip, GOD godina, $G \times E$ intetakcija genotipa i okruženja, SS suma kvadrata, MS sredina sume kvadrata, **značajno na nivou 1%

Vrednost medijane i godišnjeg proseka za sadržaj ukupnih tokoferola u 2016. godini su gotovo jednaki (odstupanje 0.2%). Najveća interkvartilna razlika je primećena 2015., a najmanja 2018. godine. Prvi kvartil za 2015. je veći od trećeg kvartila za 2018. godinu.



Grafikon 19. Kutijasti dijagram za sadržaj ukupnih tokoferola u ulju uljane repice u periodu 2015–2018.

Genotipska vrednost za sadržaj ukupnih tokoferola tokom sve četiri analizirane godine je bila 458.01 mg/kg (Tabela 28). Adjonu et al. (2019) su merili ukupne tokoferole tokom dve godine u ulju uljane repice iz Australije i dobili više vrednosti od 610–742 mg/kg, koje su se takođe značajno razlikovale između godina. Između prosečnog sadržaja ukupnih tokoferola u 2016. i 2017. nije utvrđena značajna razlika. Posmatrajući četvorogodišnji prosek, Valesca je imala najvišu, a Kata najnižu genotipsku vrednost sadržaja ukupnih tokoferola. Najviši godišnji prosek su imali genotipovi u 2015. godini. Po visokom sadržaju ukupnih tokoferola su prednjačili NS-L-137, NS-L-101, Svetlana i NS-L-128, dok je najniža količina ukupnih tokoferola utvrđena kod Kata, NS-L-44 i NS-L-7. Sadržaj ukupnih tokoferola je 2016. bio u rasponu 341.21–524.20 mg/kg, a 2017. od 375.92 do 541.41 mg/kg.

Tabela 28. Genotipske vrednosti sadržaja ukupnih tokoferola od 2015–2018. godine sa prosecima za svaki genotip i godinu

Genotip	2015	2016	2017	2018	Prosek
NS-H-R-1	470.46	446.16	436.49	435.52	447.16 defgh
NS-H-R-2	527.58	447.91	436.23	445.51	464.31 jklm
NS-H-R-3	473.92	489.23	510.25	466.61	485.00 opq
BANAČANKA	537.62	506.36	449.82	456.32	487.53 q
SLAVICA	473.27	462.06	541.41	480.01	489.19 q
VALESKA TAMNA	477.08	436.48	495.76	464.52	468.46 klmn
VALESKA SVETLA	474.43	448.33	419.49	460.57	450.71 efghij
ZLATNA	451.04	408.34	478.01	403.44	435.21 cde
NS-L-74	481.28	442.25	421.77	424.81	442.53 defg
BRANKA	493.34	448.65	420.50	419.24	445.43 defg
EXPRESS	440.62	448.81	446.56	410.62	436.65 cdef
NS-L-7	435.54	397.94	380.51	447.95	415.49 b
NEVENA	448.00	431.16	375.92	402.65	414.43 b
VALESCA	520.38	503.14	507.78	525.42	514.18 r
ILIA	464.50	482.21	466.56	459.45	468.18 klmn
KATA	424.12	369.69	393.40	401.03	397.06 a
NENA	492.03	466.22	435.50	413.89	451.91 fghij
NS-L-31	485.83	426.23	414.79	479.53	451.59 fghij
NS-L-126	488.44	507.96	476.46	445.35	479.55 mnopq
NS-L-33	458.43	390.85	445.23	499.75	448.57 defghi
NS-L-128	555.02	459.05	437.71	369.43	455.30 ghijk
SVETLANA	556.10	524.20	419.79	460.09	490.05 q
JASNA	534.53	505.65	439.23	408.04	471.86 lmnop
NS-L-101	571.46	507.20	403.30	401.55	470.88 klmno
ZORICA	462.63	341.21	464.96	469.55	434.59 cd
NS-L-102	481.83	447.96	380.23	474.98	446.25 defg
NS-L-134	523.87	430.64	438.86	430.00	455.84 ghijk
NS-L-32	546.56	475.57	439.32	486.98	487.11 pq
NS-L-136	536.86	433.79	465.76	415.48	462.97 ijkl
NS-L-137	572.28	461.55	518.04	382.36	483.56 nopq
NS-L-138	510.83	376.20	468.49	439.72	448.81 defghij
NS-L-251	516.96	427.20	481.96	454.50	470.15 klmno
NS-L-210	508.49	489.97	465.84	443.55	476.96 lmnopq
NS-L-44	433.43	451.50	417.92	393.29	424.04 bc
NS-L-45	445.29	384.72	391.55	438.14	414.92 b
NS-L-46	515.61	509.92	441.19	459.27	481.50 nopq
NS-L-47	487.42	422.25	505.51	465.44	470.16 klmno
JELENA	521.72	412.87	474.39	438.75	461.93 hijkl
FORWARD	494.49	442.28	516.14	455.95	477.22 lmnopq
MAIDAN	456.06	434.87	442.28	439.93	443.29 defg
Prosek	493.73 c	447.46 b	449.13 b	441.73 a	458.01

Malim slovom su označene razlike između godina

Najniži godišnji prosek ukupnih tokoferola je zapažen 2018. Tada je samo Valesca imala više od 500 mg/kg. Uočena varijacija sadržaja ukupnih tokoferola pruža odličnu osnovu za oplemenjivanje usmereno na viši sadržaj tokoferola. Variranje sadržaja ukupnih tokoferola između godina je bilo najizraženije kod NS-L-137, NS-L-128 i NS-L-101, čiji godišnji proseki su se razlikovali i za više od 160 mg/kg. Najmanje izraženo variranje između godina je utvrđeno kod Maidan, Valesca, Ilija i NS-H-R-1.

6.2. Komponente fenotipske varijanse i heritabilnost prinosa i kvaliteta semena uljane repice

6.2.1. Prinos i komponente prinosa

Genetička varijansa mase 1000 semena je bila bliska vrednostima fenotipske varijanse, što ukazuje na visok stepen nasleđivanja ove osobine (Tabela 29). Visoku vrednost heritabilnosti mase 1000 semena su prikazali i Teh i Möllers (2016). Dobijena vrednost heritabilnosti mase 1000 semena je veća u odnosu na rezultate Junaid et al. (2014), koji su izračunali da je heritabilnost ove osobine srednja (35%). Junaid et al. (2014) i Luo et al. (2017a) ističu da je heritabilnost prinosa semena visoka (>80%), dok je u ovom ogledu bila srednja. Vrednosti GAM su za sve parametre prinosa bile niske, manje od 10%.

Tabela 29. Komponente varijanse i heritabilnost u širem smislu za parametre prinosa

Komponente varijanse	Masa 1000 semena	Prinos semena	Prinos ulja	Prinos proteina
σ_e^2	0.01	0.01	1117.37	206.43
σ_{GY}^2	0.04	0.10	20448.80	4636.64
σ_G^2	0.04	0.01	3546.22	354.57
σ_Y^2	0.25	0.56	142851.88	18439.73
σ_F^2	0.05	0.04	8751.53	1530.93
H ²	77.05	34.04	40.52	23.16
GA	0.27	0.12	66.53	15.90
GAM (%)	6.25	0.01	6.88	3.58

σ_e^2 varijansa greške, σ_{GY}^2 varijansa interakcije genotip–godina, σ_G^2 genetička varijansa, σ_Y^2 varijansa godine σ_F^2 fenotipska varijansa, H² koeficijent heritabilnosti u širem smislu, GA genetička dobit, GAM procenat genetičke dobiti u odnosu na prosek

6.2.2. Kvalitet semena

Genetička varijansa sadržaja ulja i proteina je bila bliska vrednostima fenotipske varijanse. Nasledljivost sadržaja ulja i proteina je bila visoka (>80%). Heritabilnost za sadržaj ulja je bila slična rezultatu koji su saopštili Sharafi et al. (2015). U radu Teh i Möllers (2016) je izračunata heritabilnost sadržaja ulja i proteina takođe bila visoka. Obzirom da je heritabilnost sadržaja ulja i proteina bila visoka, a selekciona dobit mala, znači da na ove parametre utiču neaditivni efekti gena.

Genetička varijansa je imala najveći doprinos u fenotipskoj varijansi svih pet masnih kiselina (Tabela 30). Izuzev stearinske kiseline, čija heritabilnost je bila niska, heritabilnost palmitinske, oleinske, linolne, linolenske i eruka kiseline je bila visoka. Sharafi et al. (2015) su dobili visoke vrednosti heritabilnosti za svih šest masnih kiselina (C16:0, C18:0, C18:1, C18:2, C18:3, C22:1). U radu Teh i Möllers (2016) je takođe utvrđena visoka heritabilnost za C16:0, C18:1, C18:2, C18:3. Visoka heritabilnost masnih kiselina ukazuje na mogućnost za poboljšanje kvaliteta ulja indirektnom selekcijom. Procenat genetičke dobiti palmitinske, stearinske, linolne i linolenske kiseline je bio nizak, oleinske kiseline srednji, a eruka kiseline visok. Palmitinska, linolna i linolenska kiselina su imale visoku heritabilnost i nisku GAM vrednost što sugeriše na prisustvo neaditivnog efekta gena

na ispoljavanje ovih osobina. Sa druge strane, heritabilnost i GAM eruka kiseline su bili visoki, odnosno na ispoljavanje ove osobine utiče aditivan efekat gena.

Heritabilnost u širem smislu γ - i ukupnih tokoferola je bila srednja, a α -tokoferola visoka. U radu Marwede et al. (2004) navode da je heritabilnost α -, γ - i ukupnih tokoferola srednja. S druge strane, Wang et al. (2012) su saopštili da je nasledljivost ovih parametara visoka. Visok udeo genetičke varijanse u fenotipskoj varijansi za sadržaj α -tokoferola ukazuje na mogućnost efikasnog iskorišćenja ove osobine u oplemenjivanju.

Tabela 30. Komponente varijanse i heritabilnost u širem smislu za sadržaj masnih kiselina i tokoferola

Komponente varijanse	Sadržaj ulja	Sadržaj proteina	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C22:1	α -T	γ -T	Ukupni-T
σ_e^2	0.01	0.00	0.02	0.03	0.07	0.06	0.05	0.52	69.85	136.04	269.21
σ_{GY}^2	0.69	0.53	0.01	0.02	5.47	0.55	0.15	1.05	244.53	511.76	1133.87
σ_G^2	1.03	0.56	0.03	0.00	16.37	0.79	0.19	5.52	197.28	162.01	311.72
σ_Y^2	4.96	3.62	0.07	0.09	2.42	0.36	0.40	0.01	36.11	372.71	546.53
σ_F^2	1.20	0.69	0.03	0.01	17.74	0.93	0.23	5.83	264.24	301.29	617.62
H^2	85.58	80.65	85.37	16.67	92.26	84.77	82.37	94.77	74.66	53.77	50.47
GA	1.65	1.18	0.28	0.03	6.82	1.43	0.70	4.01	21.30	16.38	22.01
GAM (%)	3.71	5.59	6.67	1.89	11.64	7.14	6.07	327.30	12.80	5.62	4.81

σ_e^2 varijansa greške, σ_{GY}^2 varijansa interakcije genotip–godina, σ_G^2 genetička varijansa, σ_Y^2 varijansa godine σ_F^2 fenotipska varijansa, H^2 koeficijent heritabilnosti u širem smislu, GA genetička dobit, GAM procenat genetičke dobiti u odnosu na prosek

6.3. Analiza interakcije genotipa i spoljne sredine primenom AMMI analize za prinos i kvalitet semena uljane repice

6.3.1. Prinos i komponente prinosa

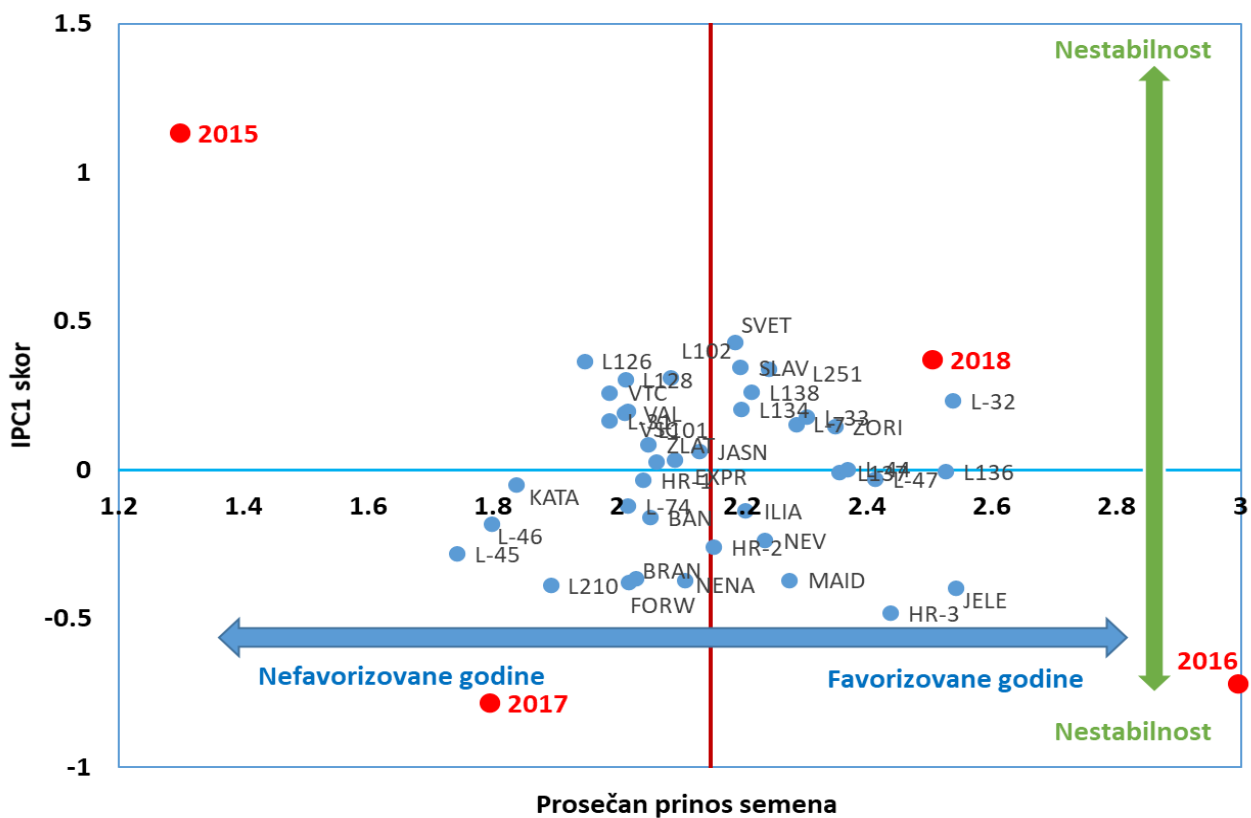
Na prinos semena su značajno uticali godina, genotip i interakcija $G \times E$ (Tabela 31) što je u skladu sa nalazima Marjanović Jeromela et al. (2019) i Shafighi et al. (2020). Razlike između godina su bile najvažniji faktor koji je uticao na prinos semena sa 78.68% objašnjene sume kvadrata. Na osnovu sedmogodišnjeg ogleada na lokalitetu Rimski šančevi gde je testirano 19 ozimih genotipova uljane repice je zaključeno da je 72.49% od ukupnog variranja prinosa semena bilo uzrokovano promenama u okruženju (Marjanović Jeromela et al., 2011), što je u saglasnosti sa rezultatima ove disertacije. Udeo varijacija uslovljenih genotipom bio je dva puta manji od uticaja $G \times E$ interakcije na varijaciju prinosa semena. Razlike među genotipovima objašnjavaju 7.04% totalne varijacije, dok je efekat interakcije genotipa i godine, učestvovao sa 14.27% u totalnoj varijaciji prinosa semena. Particijom varijacije matrice interakcije (matrice bez aditivnih efekata) dobijene su dve značajne glavne komponente ($p < 0.001$) na osnovu kojih je izabran odgovarajući AMMI model – AMMI2 model. Statistička značajnost efekta interakcije znači da uticaj genotipova na prinos semena nije bio isti u svakoj ispitivanoj godini.

Tabela 31. Analiza varijanse AMMI modela za prinos tokom četiri godine u ogledu sa 40 genotipova

Izvor varijacije	df	SS	MS	F	Značajnost	% objašnjene varijacije	% varijacije objašnjene interakcijom
Total	479	258795349.17	540282.57				
TRET	159	257879756.91	1621885.26	566.80	0.00***		
GEN	39	18440096.74	472822.99	165.24	0.00***	7.04	
GOD	3	202503505.27	67501168.42	23589.61	0.00***	78.68	
$G \times E$	117	36936154.90	315693.63	110.33	0.00***	14.27	
IPC1	41	19427096.56	473831.62		0.00***		52.97
IPC2	39	10096143.57	258875.48		0.00***		26.82
Rezidual	37	7412914.77	200349.05		0.00***		20.18
Greška	320	915592.27	2861.23			0.66	

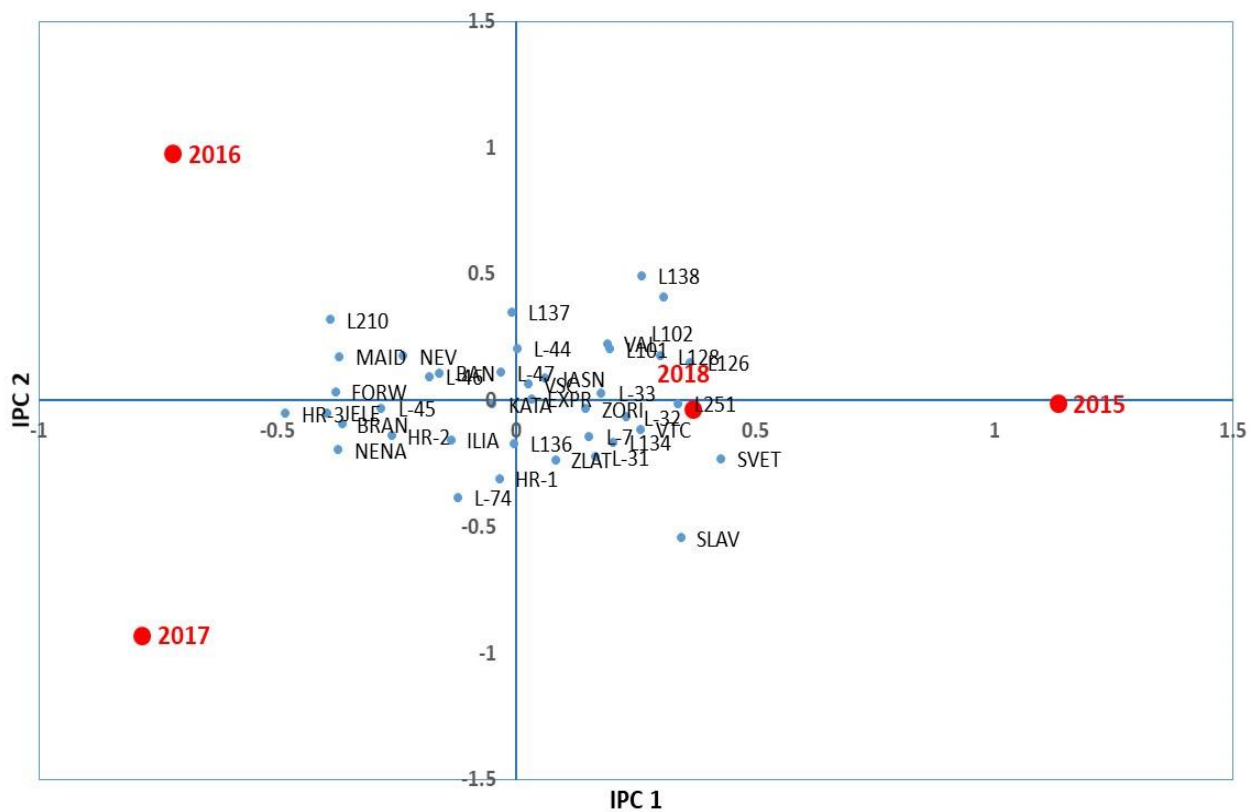
TRET tretman, GEN genotip, GOD godina, $G \times E$ interakcija genotipa i okruženja, IPC1 i IPC2 prva i druga glavna komponenta interakcije, SS suma kvadrata, MS sredina sume kvadrata, ***značajno na nivou 0.01%

Analizom $G \times E$ interakcije su utvrđene različite reakcije genotipova na uslove spoljne sredine tokom ispitivanih vegetacionih sezona. Grafikon 20 prikazuje AMMI1 biplot sa prosecima prinosa semena na jednoj i IPC1 skorom na drugoj osi, dok vrtikalna linija u centru biplota predstavlja opšti prosek. Najviša vrednost IPC1 skora za prinos semena 1.13 je bila 2015. godine, kada je prosečan prinos semena bio najniži. Te godine su genotipovi ispoljili najveću interakciju sa okruženjem, pa su zato primetna velika odstupanja prinosa semena. Prinos semena je bio najviši 2018. godine i tada su apsolutne vrednosti IPC1 bile najniže. Vrednosti prve glavne komponente interakcije u 2016. i 2017. su bile slične na osnovu čega se zaključuje da su reakcije genotipova na agro–ekološke uslove u tim godinama bile slične. Genotipovi NS-L-136, NS-L-137, NS-L-44, NS-L-47, Valeska svetla, NS-H-R-1 i Express su imali male vrednosti IPC1 skora što znači da su bili stabilni u posmatranim sredinama. Sorte Maidan i Nena se razlikuju u glavnim efektima (prinosu semena), ali im je interakcija (IPC1) ista.



Grafikon 20. AMMI1 biplot za prvu komponentu interakcije (IPC1) i prosečan prinos semena (t/ha), u ogledu sa 40 genotipova tokom četiri godine

Na Grafikon 21 se uočava da 2015. i 2018. godina imaju malo variranje IPC2 vrednosti.



Grafikon 21. AMMI2 biplot za prinos semena definisan sa prve dve glavne komponente

U Tabela 32 su prikazani rezultati analize varijanse po mogućim izvorima za prinos ulja upotrebom AMMI modela. Sva tri izvora varijacije (godina, genotip i interakcija genotip–spoljna sredina) su dosegla statističku značajnost ($p < 0.001$). Udeo varijacija objašnjenih glavnim efektom godina iznosi 81.44% od ukupne varijacije prinosa ulja, što znači da je godina najviše uticala na vrednosti ove osobine. Doprinos interakcije genotipa i godine u ukupnom variranju prinosa ulja je bio 11.53%, a razlike među genotipovima su učestvovala sa svega 6.46%. Prva glavna komponenta interakcije objašnjava 51.70%, a druga glavna komponenta interakcije 28.60% varijacije uslovljene $G \times E$ interakcijom. Na osnovu značajnosti IPC1 i IPC2 komponenti je odabran AMMI2 model, koji je objasnio 80.30% varijacije nastale interakcijom $G \times E$.

Tabela 32. Analiza varijanse AMMI modela za prinos ulja tokom četiri godine u ogledu sa 40 genotipova

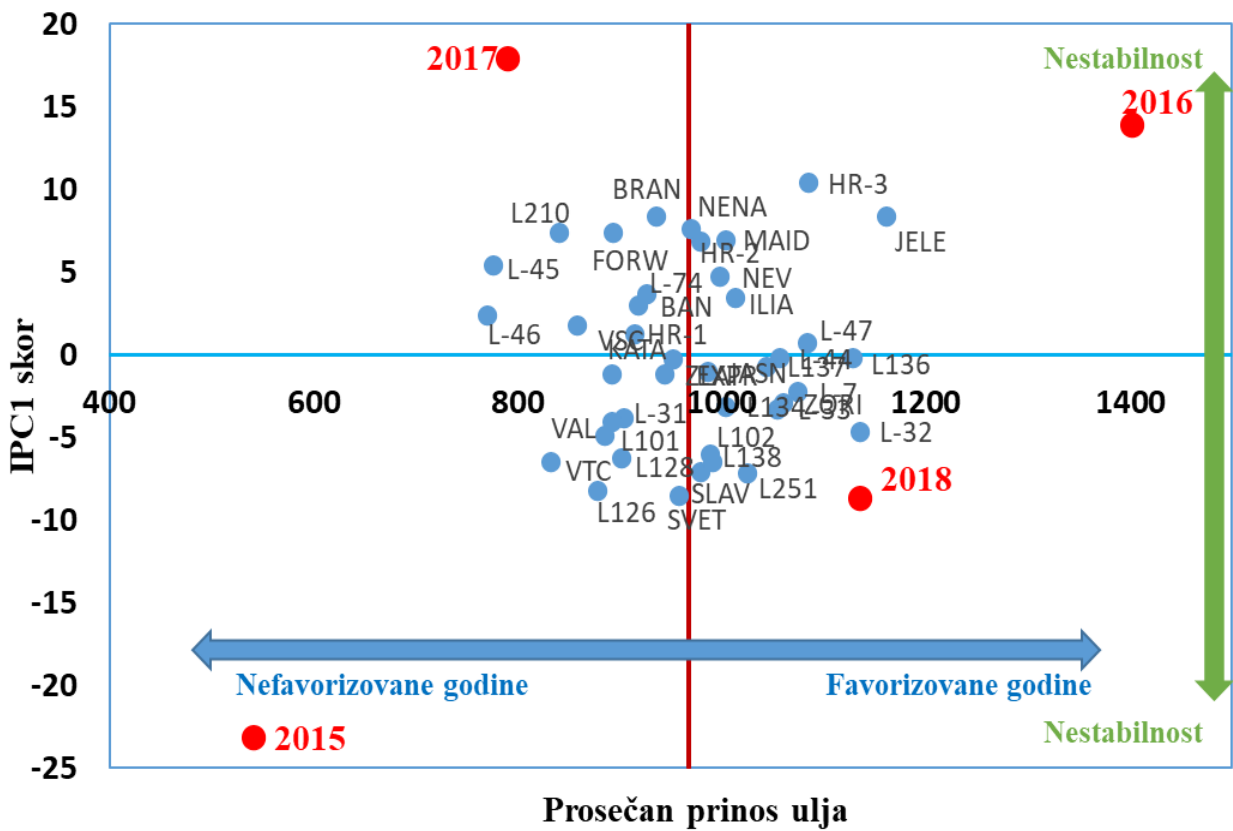
Izvor varijacije	df	SS	MS	F	Značajnost	% objašnjene varijacije	% varijacije objašnjene interakcijom
Total	479	63375603.70	132308.15				
TRET	159	63018046.03	396339.91	355.01	0.00***		
GEN	39	4095717.78	105018.40	94.07	0.00***	6.46	
GOD	3	51614068.30	17204689.43	15410.69	0.00***	81.44	
$G \times E$	117	7308259.95	62463.76	55.96	0.00***	11.53	
IPC1	41	3780847.12	92215.78		0.00***		51.70
IPC2	39	2090402.43	53600.06		0.00***		28.60
Rezidual	37	1437010.40	38838.12		0.00***		19.70
Greška	320	357557.66	1117.37			0.56	

TRET tretman, GEN genotip, GOD godina, $G \times E$ interakcija genotipa i okruženja, IPC1 i IPC2 prva i druga glavna komponenta interakcije, SS suma kvadrata, MS sredina sume kvadrata, ***značajno na nivou 0.01%

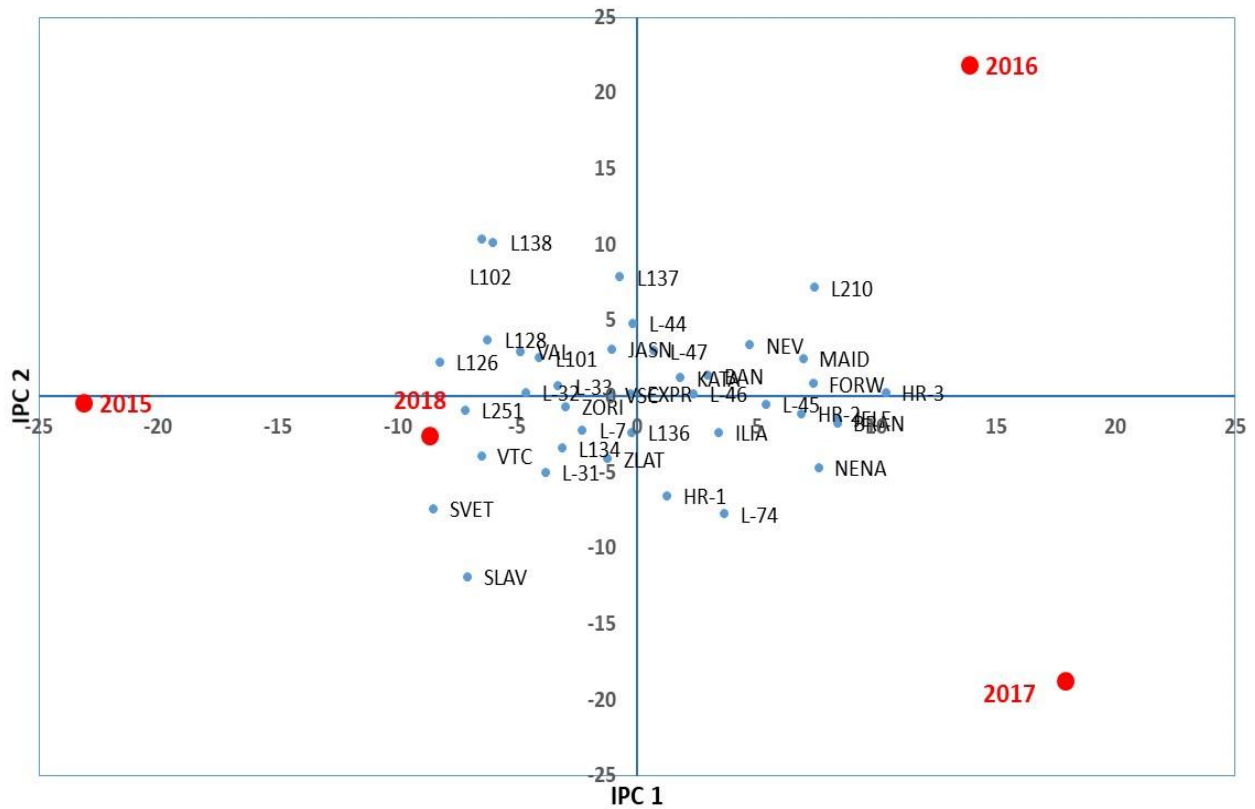
Na osnovu srednjih vrednosti genotipova i okruženja i njihovih IPC1 skorova konstruisan je AMMI1 biplot (Grafikon 22). Ispitivani genotipovi, koji se nalaze jedan blizu drugog na grafikonu imaju slične vrednosti prinosa ulja. Najvišu vrednost IPC1 skora od 17.89 je imala 2017. godina, kada je prosečan prinos ulja bio 790.76 kg/ha. U odnosu na druge ispitivane godine, 2018. godina se nalazi najbliže apscisi, što znači da su genotipovi tada imali najmanji $G \times E$ interakcijski efekat. Drugim rečima, srednje vrednosti prinosa ulja analiziranih genotipova pokazuju veću varijabilnost u 2015., 2016. i 2017., nego u 2018. godini. Neposredna blizina genotipova Jelena (JELE), NS-H-R-3, NS-L-137 i NS-L-47 vektoru koji predstavlja 2016. godinu, upućuje na to da su navedeni genotipovi imali najviše prosečne vrednosti prinosa ulja u ovoj godini. Od njih su linije NS-L-137 i NS-L-47 najbliže apscisi, što znači da imaju najmanji interakcijski potencijal.

Najniža prosečna vrednost prinosa ulja zabeležena je u 2015. godini, čiji je IPC1 skor negativan. Najniže prosečne vrednosti prinosa ulja u 2015. godini imale su Nena, NS-L-46, NS-L-45 i NS-L-210 (Tabela 8). U godinama i rejonima gajenja koje karakterišu klimatski uslovi slični onima koji su karakterisali 2015. godinu treba izbegavati ove genotipove, jer imaju mali prinos ulja. Najniže apsolutne vrednosti IPC1 skorova su imale Ekspres (EXPR), NS-L-136, NS-L-137, NS-L-44 i NS-L-47. Ovo sugerise da su navedeni genotipovi imali visok stepen adaptabilnosti na uslove spoljne sredine u analiziranim godinama.

Grafikon 23 prikazuje AMMI2 plot, koji je definisan sa prve dve komponente interakcije. Genotipovi sa izraženijim efektom interakcije bili su: NS-L-102, NS-L-138, NS-L-210, NS-H-R-3, Nena, Slavica, Svetlana.



Grafikon 22 AMMI1 biplot za prvu komponentu interakcije (IPC1) i prosečan prinos ulja (kg/ha) u ogledu sa 40 genotipova tokom četiri godine



Grafikon 23. AMMI2 biplot za prinos ulja definisan sa prve dve glavne komponente

Ispitivani genotipovi, godina i interakcija $G \times E$ su uticali na prinos proteina (Tabela 33). U ukupnoj varijaciji je godina učestvovala sa 73.29%, što sugerise da klimatski faktori koji vladaju tokom godine značajno utiču na prinos proteina. Razlike između genotipova su učestvovala sa samo 7.86% u ukupnoj varijaciji prinosa proteina. Od 18.12% koliko je iznosila interakcija $G \times E$, prvom glavnom komponentom interakcije je objašnjeno 50.01% varijacije, a drugom 26.34%. Na osnovu značajnosti IPC1 i IPC2 izabran je AMMI2 model, koji je obuhvatio 76.35% varijacija uslovljenih $G \times E$ interakcijom.

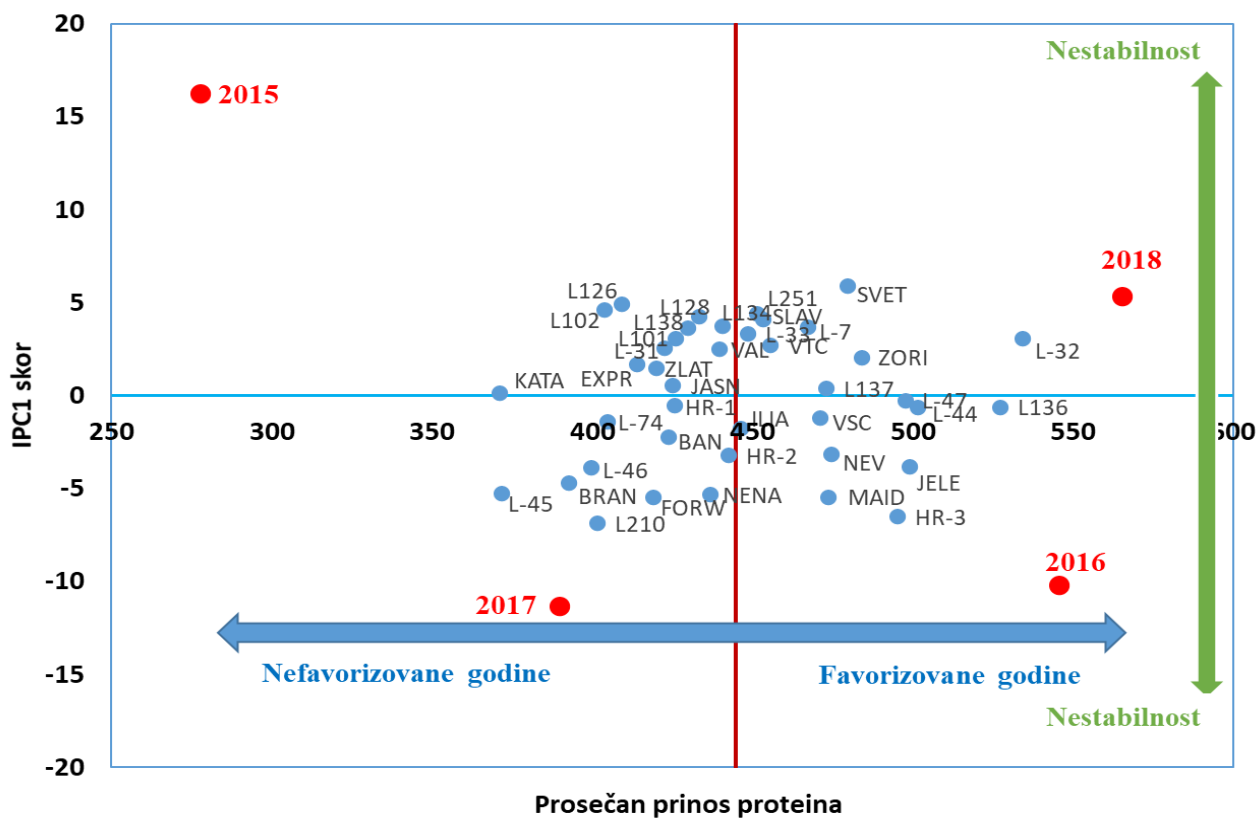
Tabela 33. Analiza varijanse AMMI modela za prinos proteina tokom četiri godine u ogledu sa 40 genotipova

Izvor varijacije	df	SS	MS	F	Značajnost	% objašnjene varijacije	% varijacije objašnjene interakcijom
Total	479	9114796.61	19028.80				
TRET	159	9048737.16	56910.30	276.01	0.00***		
GEN	39	716475.11	18371.16	89.00	0.00***	7.86	
GOD	3	6680650.58	2226883.53	10799.83	0.00***	73.29	
$G \times E$	117	1651611.47	14116.34	68.50	0.00***	18.12	
IPC1	41	825969.65	20145.60		0.00***		50.01
IPC2	39	435038.37	11154.83		0.00***		26.34
Rezidual	37	390603.45	10556.85		0.00***		23.65
Greška	320	66059.45	206.43			0.72	

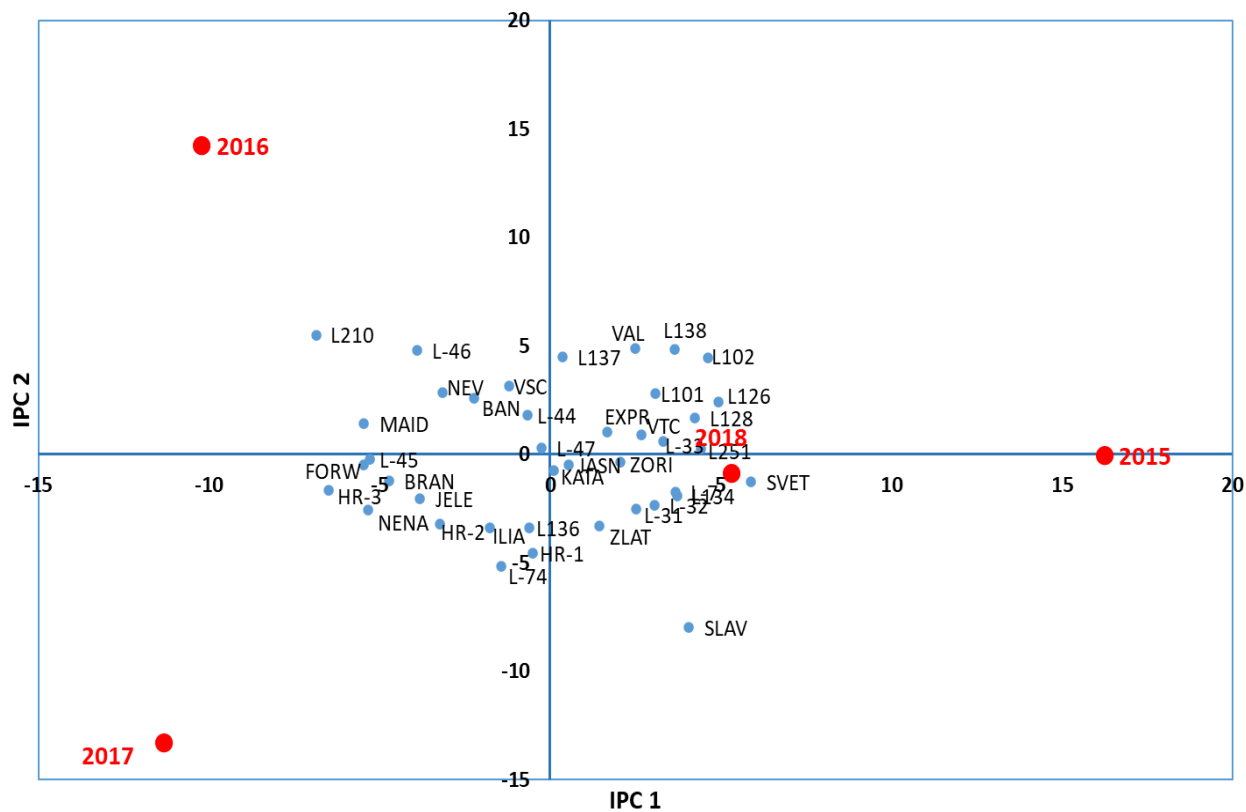
TRET tretman, GEN genotip, GOD godina, $G \times E$ interakcija genotipa i okruženja, IPC1 i IPC2 prva i druga glavna komponenta interakcije, SS suma kvadrata, MS sredina sume kvadrata, ***značajno na nivou 0.01%

Na AMMI1 biplotu x-osa predstavlja glavne efekte, odnosno proseke prinosa proteina, a y-osa efekte $G \times E$ interakcije (IPC1). Najviša vrednost IPC1 skora za prinos proteina je izračunata 2015. godine, kada je prosečan prinos proteina bio najniži. Klimatski uslovi te godine su uzrokovali najveće interakcije između godine i okruženja što delom objašnjava velika odstupanja prinosa proteina kod genotipova u 2015. godini. S druge strane, u 2018. godini prinos proteina je bio najviši i tada su $G \times E$ interakcije bile najmanje. Prva glavna komponenta interakcije je imala slične vrednosti u 2016. i 2017. godini što ukazuje da su reakcije genotipova na agro–ekološke uslove u tim godinama bile slične. Genotipovi Kata, Zlatna, Jasna, NS-H-R-1, Valeska svetla, NS-L-137, NS-L-47, NS-L-44, NS-L-136 su pozicionirani blizu x-ose, odnosno imaju male vrednosti IPC1 skora. To znači da su oni manje učestvovali u interakcijama u odnosu na NS-L-102, NS-L-126, NS-L-128, NS-L-251, Svetlana, NS-L-210, NS-H-R-3, koji su locirani dalje od x-ose. Različite vrednosti IPC1 komponente ukazuju da se genotipovi razlikuju po reakciji na različite klimatske uslove.

Grafikon 25 predstavlja AMMI2 biplot za prinos proteina definisan sa prve dve glavne komponente interakcije. Genotipovi i godine koji se nalaze međusobno blizu jedno drugom na biplotu imaju pozitivnu interakciju. Tako su npr. sa 2018. godinom pozitivno interagovali genotipovi Zorica, NS-L-32, Svetlana, NS-L-251, a negativnu interakciju su imali Forward, NS-L-45, NS-H-R-3 i Maidan.



Grafikon 24. AMMI1 biplot za prvu komponentu interakcije (IPC1) i prosečan prinos proteina (kg/ha), u ogledu sa 40 genotipova tokom četiri godine



Grafikon 25. AMMI2 biplot za prinos proteina definisan sa prve dve glavne komponente

Dvofaktorijalnom analizom varijanse je ukupna suma kvadrata podeljena na izvore varijacije, genotip, godinu i njihovu interakciju. Sva tri izvora varijacije su bila statistički značajna, $p < 0.001$. Vujaković et al. (2014) su takođe utvrdili da genotip i proizvodna godina utiču na masu 1000 semena. Udeo varijacije mase 1000 semena objašnjen glavnim efektom godine bio je sličan kao i za sadržaj ulja, 68.53%, što govori u prilog tome da godina najviše utiče na ispoljavanje ovih parametara. Efekat genotipa je učestvovao sa 18% u ukupnom variranju mase 1000 semena. Na osnovu particije varijacije matrice interakcije dobijene su dve glavne komponente interakcije i kao najbolji model za analizu interakcije $G \times E$ izabran je AMMI2 model. Njime je objašnjeno 79.34% od ukupne varijacije $G \times E$ interakcije.

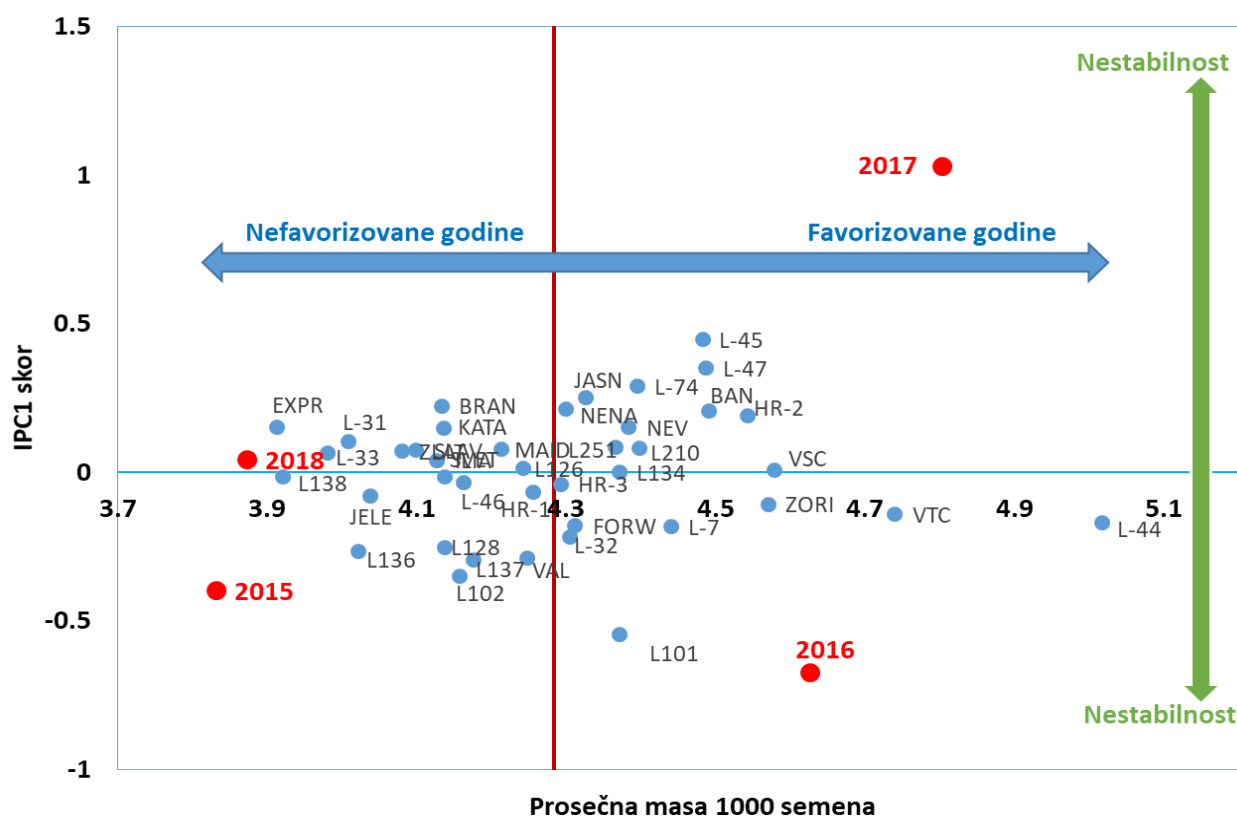
Tabela 34. Analiza varijanse AMMI modela za masu 1000 semena tokom četiri godine u ogledu sa 40 genotipova

Izvor varijacije	df	SS	MS	F	Značajnost	% objašnjene varijacije	% varijacije objašnjene interakcijom
Total	479	133.10	0.28				
TRET	159	131.30	0.83	146.73	0.00***		
GEN	39	23.97	0.61	109.20	0.00***	18.01	
GOD	3	91.21	30.40	5402.19	0.00***	68.53	
$G \times E$	117	16.12	0.14	24.47	0.00***	12.11	
IPC1	41	8.40	0.20		0.00***		52.11
IPC2	39	4.39	0.11		0.00***		27.23
Rezidual	37	3.33	0.09		0.00***		20.66
Greška	320	1.80	0.01			1.35	

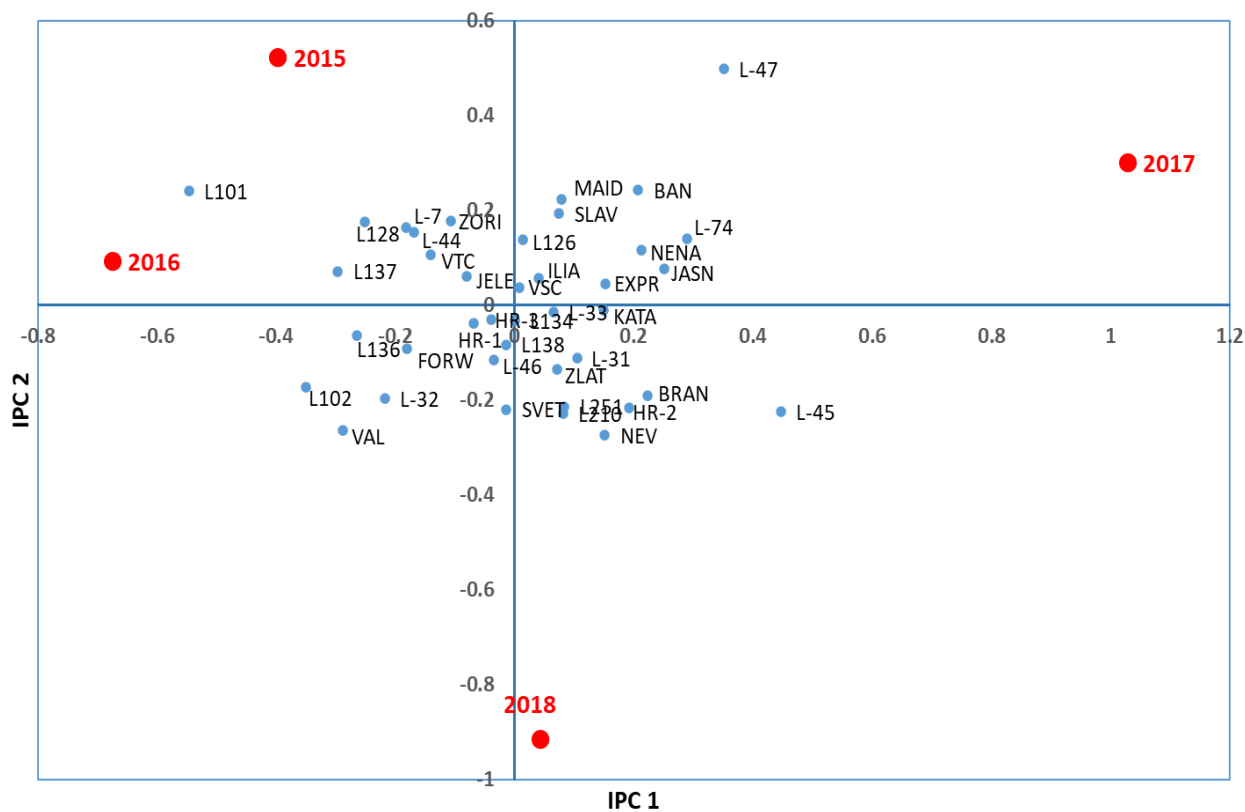
TRET tretman, GEN genotip, GOD godina, $G \times E$ interakcija genotipa i okruženja, IPC1 i IPC2 prva i druga glavna komponenta interakcije, SS suma kvadrata, MS sredina sume kvadrata, ***značajno na nivou 0.01%

Najmanji interakcijski efekat genotipa i spoljne sredine za masu 1000 semena je bio 2018. godine i iznosio je 0.04. Najviša vrednost IPC1 je utvrđena za 2017. godinu. U periodu 2015–2018., najstabilniji genotipovi u pogledu mase 1000 semena bili su NS-L-134, Zlatna i Valeska svetla, čije vrednosti IPC1 su bile bliske nuli. Najizraženiju interakciju između genotipa i spoljne sredine su imale linije NS-L-101, NS-L-45, NS-L-47 i NS-L-102 (Grafikon 26).

Na osnovu AMMI2 biplota za masu 1000 semena (Grafikon 27), koji je definisan sa prve dve glavne komponente interakcije, se uočava da kod genotipova NS-H-R-1, NS-H-R-3, Valeska svetla, Ilia, NS-L-134 i NS-L-33 nije izražen interakcijski efekat, odnosno da imaju veću adaptabilnost u posmatranom periodu. Genotipovi sa najizraženijim efektom interakcije bili su NS-L-101 i NS-L-47. Linije NS-L-45 i NS-L-102 su takođe imale visoke vrednosti prve i druge komponente interakcije što ukazuje na njihovu manju stabilnost u periodu 2015–2018.



Grafikon 26. AMMI1 biplot za prvu komponentu interakcije (IPC1) i prosečnu masu 1000 semena (g), u ogledu sa 40 genotipova tokom četiri godine



Grafikon 27. AMMI2 biplot za masu 1000 semena definisan sa prve dve glavne komponente

6.3.2. Kvalitet semena

Tabela 35 pokazuje rezultate particije varijacije po mogućim izvorima za ulje, upotrebom AMMI modela. Sva tri izvora varijacije (godina, genotip i interakcija genotip–spoljna sredina) su dosegla statističku značajnost ($p < 0.001$). Procenat varijacija objašnjenih glavnim efektom godina iznosi 68.8% od totalne varijacije ulja, što ukazuje na najveći efekat godine (klimatskih faktora) na sadržaj ulja. Ispitujući efekat klimatskih promenljivih na prinos uljane repice, Marjanović Jeromela et al. (2019) su u četvorogodišnjim ogledima takođe utvrdili značajnost efekata sorte i godine na sadržaj ulja. Vujaković et al. (2014) su potvrdili uticaj genotipa i proizvodne godine na sadržaj ulja. Particija varijacija matrice interakcije (matrice bez aditivnih efekata) dala je dve značajne glavne komponente ($p < 0.001$) na osnovu čega je izabran najbolji model u klasi AMMI modela –AMMI2 model. Tabela 35 takođe pokazuje procenat apsorbiranih varijacija u ukupnim interakcijskim varijacijama sa prvom i drugom glavnom komponentom. Prva i druga IPC su obuhvatile 46.69% i 34.86% interakcijskih varijacija, redom, što znači da je AMMI2 model pokrio 81.55% ovih varijacija. Udeo varijacija uslovljenih interakcijom genotipa i okruženja je manji za otprilike dva puta od uticaja genotipa na varijaciju, ali je dosegao statističku značajnost. Statistička značajnost efekta interakcije sugerise da promene u sadržaju ulja uzrokovane promenama u okruženju nisu iste za svaki genotip. Razlike među genotipovima objašnjavaju 21.6% ukupne varijacije, dok je efekat interakcije genotipa i godine učestvovao sa 9.4% u totalnoj varijaciji.

Za karakterizaciju $G \times E$ interakcije konstruisan je AMMI1 biplot koristeći srednje vrednosti genotipova i okruženja i njihove skorove na IPC1 (Grafikon 28). Testirani genotipovi, koji su locirani blizu jedan drugom, imaju sličan sadržaj ulja. Najvišu negativnu vrednost IPC1 skora je imala 2017. godina, -1.77 kada je prosečan sadržaj ulja bio 43.99%. Kako se 2018. godina nalazi najbliže apscisi (ima IPC1 skor blizu nule), ona ima najmanji interakcijski efekat kroz genotipove i pruža slab stepen njihove diskriminacije. Za razliku od ove godine, preostale godine pokazuju veći nivo interakcije sa testiranim genotipovima jer su udaljenije od x-ose. To znači, da srednje vrednosti ulja ovih genotipova pokazuju veću varijabilnost, a time i veću genotipsku diskriminaciju u 2015., 2016., 2017., nego u 2018. godini. Najviši prosečni sadržaj ulja od 46.83% je bio 2016. godine.

Obzirom na postojanje interakcije između genotipova i godina, ne može se zaključiti da su svi genotipovi imali u ovoj godini (u odnosu na tri preostale godine) najviše prosečne vrednosti ulja. Neposredna lociranost genotipova NS-L-102, NS-L-7, Kata, Zlatna (ZLAT) i Jasna (JASN) vektoru koji predstavlja 2016. godinu, ukazuje na to da su ovi genotipovi imali najviše prosečne vrednosti ulja u ovoj godini. Od ovih genotipova, linija NS-L-7 je najbliža apscisi, dakle ima najmanji interakcijski potencijal. NS-L-102 je najbolji genotip u pogledu sadržaja ulja u svim analiziranim godinama. Iako linija NS-L-102 ima viši totalni prosek od NS-L-7 on je skloniji interakciji, dakle nestabilniji je od NS-L-7.

Najniža prosečna vrednost sadržaja ulja zabeležena je u 2015. godini, čiji je IPC1 skor iznad nule, što ukazuje na njen interakcijski potencijal sličan kao za 2016. godinu. Među genotipove koji su u 2015. godini imali najniže prosečne vrednosti sadržaja ulja spadaju sledeći genotipovi: Valeska tamna (VTC), NS-L-46, Valeska svetla (VSC), NS-L-101, Svetlana (SVET), Maidan (MAID) i Nevena (NEVE). U godinama i regionima kada su klimatski uslovi slični onima koji su karakterisali 2015. godinu treba izbegavati ove genotipove, jer imaju niži sadržaj ulja u semenu. Genotipovi NS-L-210, NS-H-R-3 (HR-3), Slavica (SLAV), NS-H-R-2 (HR2), Ilia, NS-L-74 i NS-L-33 imaju niske apsolutne vrednosti IPC1 skorova (0.11–(-0.08)) što ukazuje na visok stepen adaptabilnosti na klimatske uslove, odnosno na manje izražene interakcijske efekte sa okruženjem (klimatskim faktorima).

Negativne interakcije su registrovane između NS-L-32, NS-L-31, NS-L-136, NS-L-137, Jasna i Zlatna, koje imaju pozitivne IPC1 skorove, i 2017. godine, čiji je IPC1 skor negativan. Isti ovi genotipovi imaju pozitivnu interakciju sa 2015. i 2016. godinom. Genotipovi NS-L-102, NS-L-7, Jasna, Zlatna i Kata imaju pozitivnu interakciju sa 2016. godinom, odnosno dobru adaptabilnost na klimatske uslove koji su vladali u ovoj godini. Interakcija ovih genotipova sa 2017. godinom bila je negativna. Moguće je da različiti obrasci $G \times E$ interakcije različitih genotipova potiču od različitog

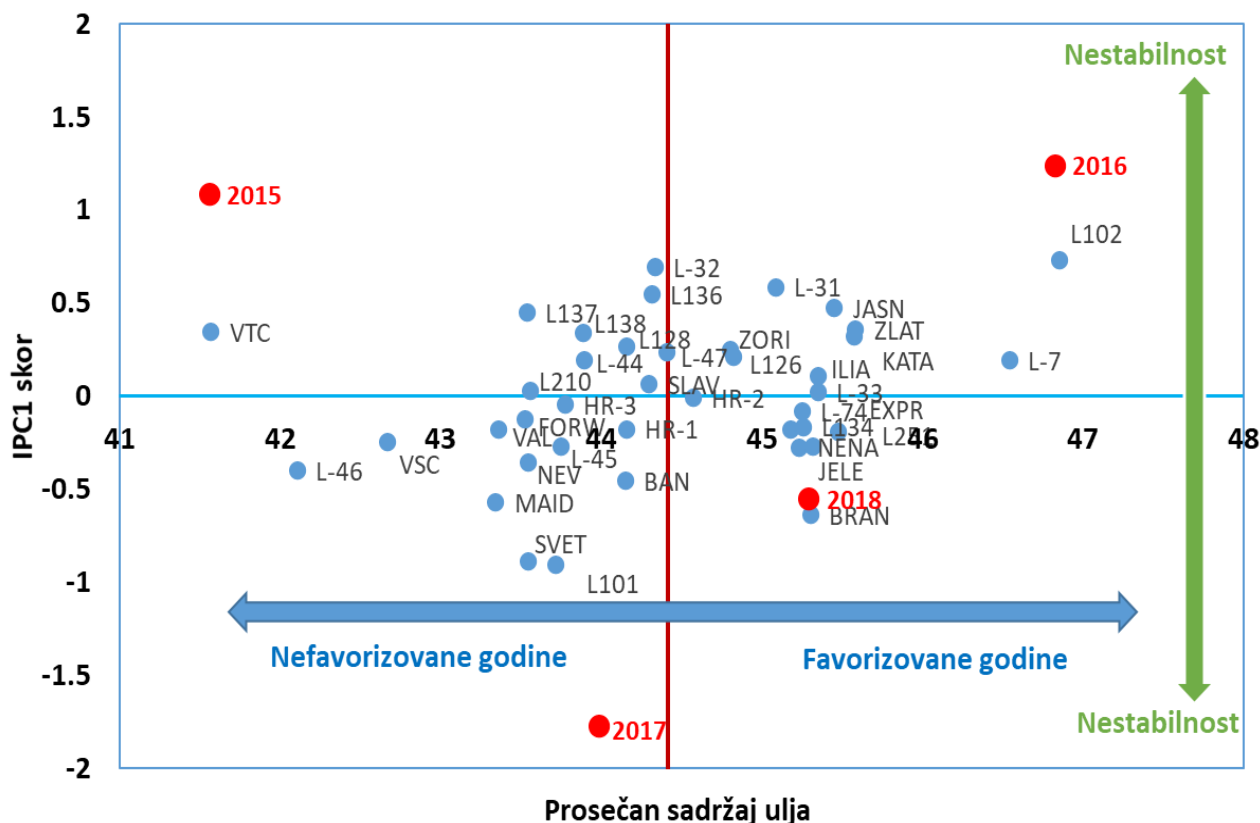
genetičkog okruženja, tj. različitih roditeljskih komponenti koje su korišćene za ukrštanja tokom njihovog stvaranja.

Tabela 35. Analiza varijanse AMMI modela za sadržaj ulja tokom četiri godine u ogledu sa 40 genotipova

Izvor varijacije	df	SS	MS	F	Značajnost	% objašnjene varijacije	% varijacije objašnjene interakcijom
Total	479	2601.13	5.43				
TRET	159	2596.69	16.33	1177.39	0.00***		
GEN	39	562.36	14.42	1039.56	0.00***	21.62	
GOD	3	1790.51	596.84	43028.19	0.00***	68.83	
G × E	117	243.82	2.08	150.24	0.00***	9.37	
IPC1	41	113.85	2.78		0.00***		46.69
IPC2	39	85.00	2.18		0.00***		34.86
Rezidual	37	44.97	1.21		0.00***		18.44
Greška	320	4.44	0.01			0.17	

TRET tretman, GEN genotip, GOD godina, G × E intetakcija genotipa i okruženja, IPC1 i IPC2 prva i druga glavna komponenta interakcije, SS suma kvadrata, MS sredina sume kvadrata

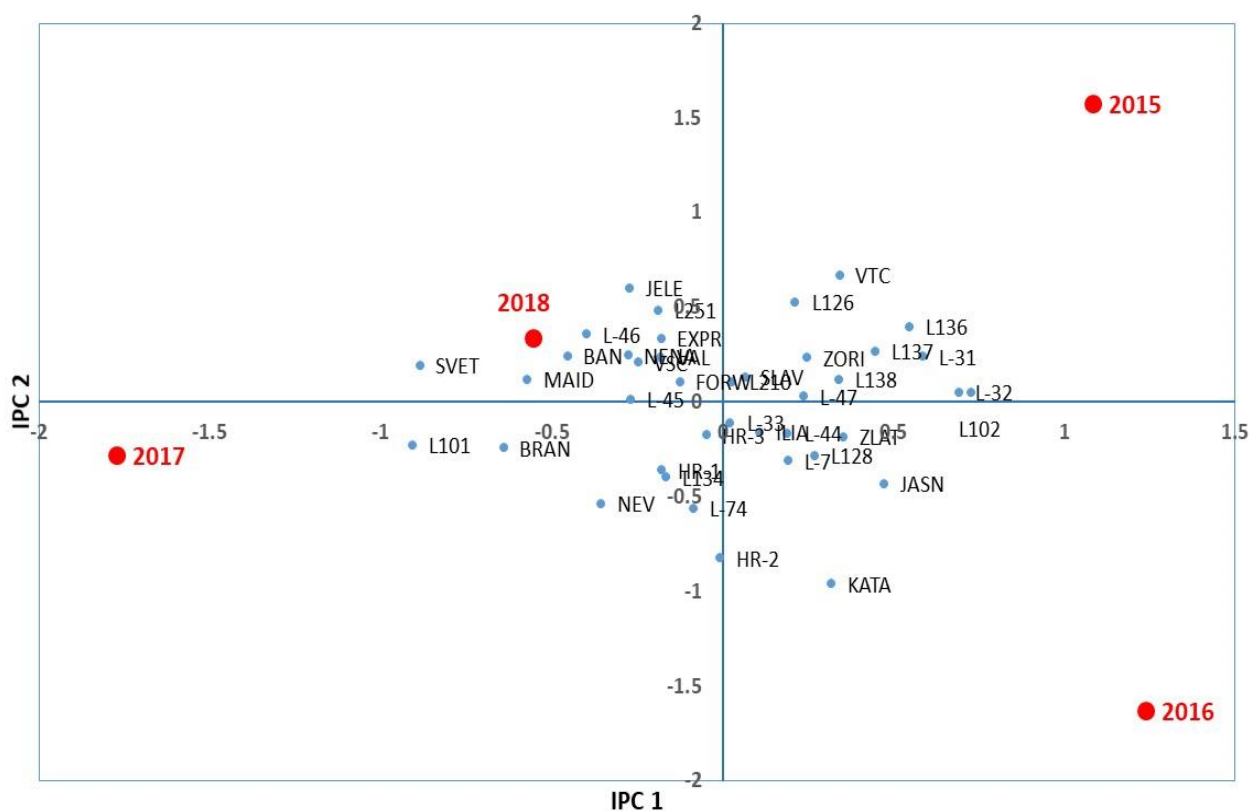
***značajno na nivou 0.01%



Grafikon 28. AMMI1 biplot za prvu komponentu interakcije (IPC1) i prosečan sadržaj ulja (%) u ogledu sa 40 genotipova tokom četiri godine

Na Grafikon 29 je prikazan AMMI2 plot, definisan sa prve dve IPC. Kod genotipova lociranih u blizini koordinatnog početka nije izražen interakcijski efekat, tj. adaptabilniji su u posmatranom periodu. S druge strane, genotipovi koji su dislocirani od koordinatnog početka pokazuju izvestan stepen interakcije, što su dalji to je veći interakcijski efekat sa okruženjem.

Genotipovi sa izraženijim efektom interakcije su: NS-L-102, NS-L-32, Svetlana, NS-L-101, Branka (BRAN). Genotipovi, odnosno godine koje se prostiru u istom smeru od koordinatnog početka imaju sličan obrazac interakcije. Kada su orijentisani u suprotnim smerovima imaju suprotne obrasce interakcije, a kada se nalaze pod pravim uglom nema korelacije u njihovoj interakciji.



Grafikon 29. AMMI2 biplot za sadržaj ulja definisan sa prve dve glavne komponente

Analizom varijanse je utvrđeno da su genotip, godina i interakcija genotip–godina značajno uticali na sadržaj proteina sorti uljane repice (Tabela 36). Najveći udeo u variranju sadržaja proteina je bio uslovljen godinom, 71.89%. Veliki udeo variranja zbog godina potvrđuje da su analizirane godine bile različite, odnosno da postoje velike razlike među godišnjim prosecima koje su prouzrokovale većinu varijacija uočenih kod analiziranih genotipova. Razlike među genotipovima objašnjavaju 17.73% totalne varijacije. Brojni autori (Tan et al., 2010; Marinković et al., 2010; Balalic et al., 2017) ističu da je uticaj lokaliteta, odnosno godine mnogo veći od uticaja genotipa na sadržaj proteina uljane repice. Zato je važan odabir sortimenta spram agroekoloških uslova lokaliteta kako bi se postigli visoki i stabilni prinosi i pun genetički potencijal sorte. Interakcija $G \times E$ je učestvovala sa 10.30% u variranju sadržaja proteina, slično kao u radu Liersch et al. (2020). Od ukupnog udela $G \times E$ interakcije, prva glavna komponenta interakcije (IPC1) objašnjava 58.03%, a druga (IPC2) 25.70% varijacije. Tako je odabrani AMMI2 model pokrio 83.73% varijacije nastale interakcijom $G \times E$.

Stabilnost analiziranih genotipova u četiri godine, odnosno okruženja, u pogledu sadržaja proteina prikazana je AMMI1 biplotom na Grafikon 30. Za 2015., 2016. i 2018. godinu IPC1 skor je negativan, a samo za 2017. pozitivan. Tako su analizirani genotipovi 2017. imali najveću interakciju $G \times E$. Vektori za 2015. i 2018. godinu se pružaju u istom smeru od koordinatnog početka, što znači da imaju sličan obrazac interakcije. Genotipovi Valeska tamna, Valeska svetla, NS-L-31, Nevena, NS-L-46 se nalaze u blizini vektora za 2018. godinu što ukazuje da su se u toj godini istakli sa višim prosečnim sadržajem proteina. Linija Valeska svetla je imala najviši prosečni sadržaj proteina u periodu 2015–2018., a pored toga je stabilna, jer ima veoma nisku vrednost (blisku nuli) prve glavne komponente interakcije. Genotipovi NS-L-251, NS-L-137, NS-H-R-2, NS-H-R-1 (HR-1), Zlatna,

NS-L-101 su svi imali malu interakciju sa spoljnom sredinom, što ukazuje na njihovu stabilnost u ispitivanim okruženjima.

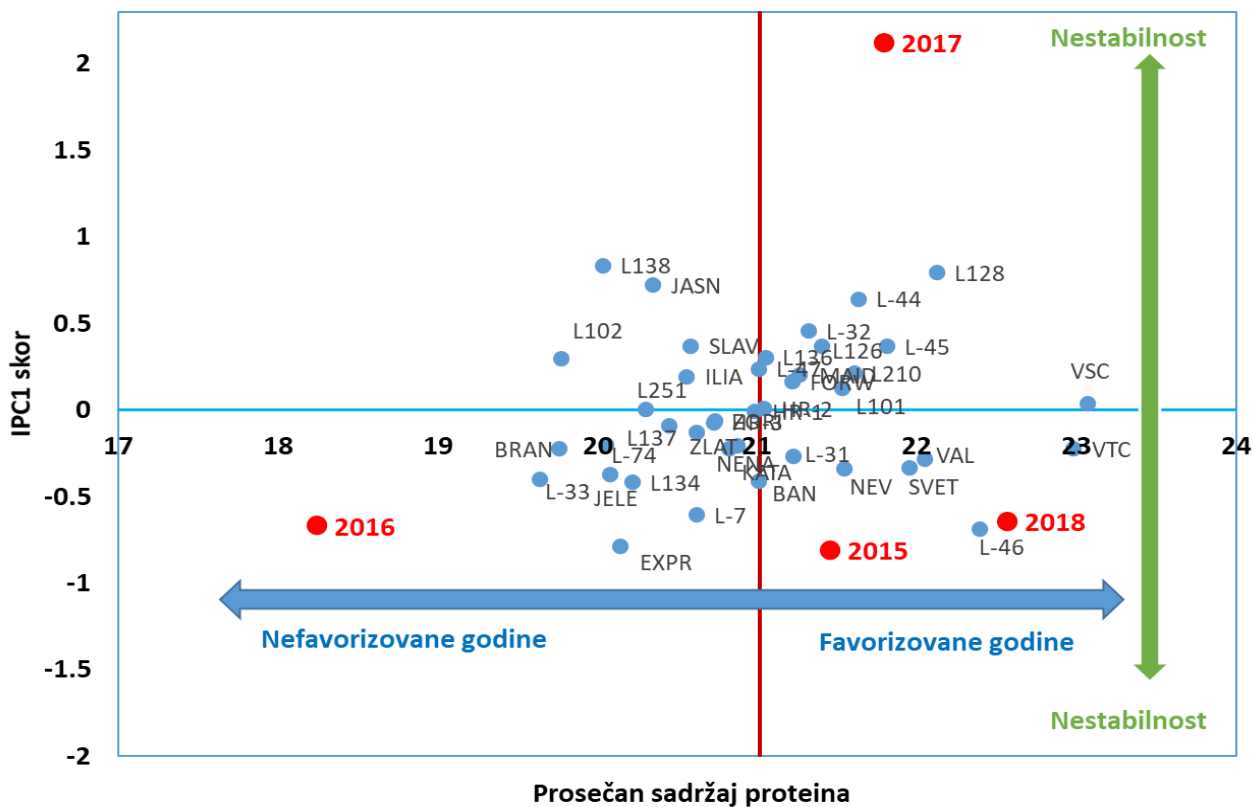
Tabela 36. Analiza varijanse AMMI modela za sadržaj proteina tokom četiri godine u ogledu sa 40 genotipova

Izvor varijacije	df	SS	MS	F	Značajnost	% objašnjene varijacije	% varijacije objašnjene interakcijom
Total	479	1818.96	3.80				
TRET	159	1817.59	11.43	2668.42	0.00***		
GEN	39	322.57	8.27	1930.67	0.00***	17.73	
GOD	3	1307.60	435.87	101743.68	0.00***	71.89	
G × E	117	187.43	1.60	373.94	0.00***	10.30	
IPC1	41	108.77	2.65		0.00***		58.03
IPC2	39	48.17	1.24		0.00***		25.70
Rezidual	37	30.48	0.82		0.00***		16.26
Greška	320	1.37	0.00			0.08	

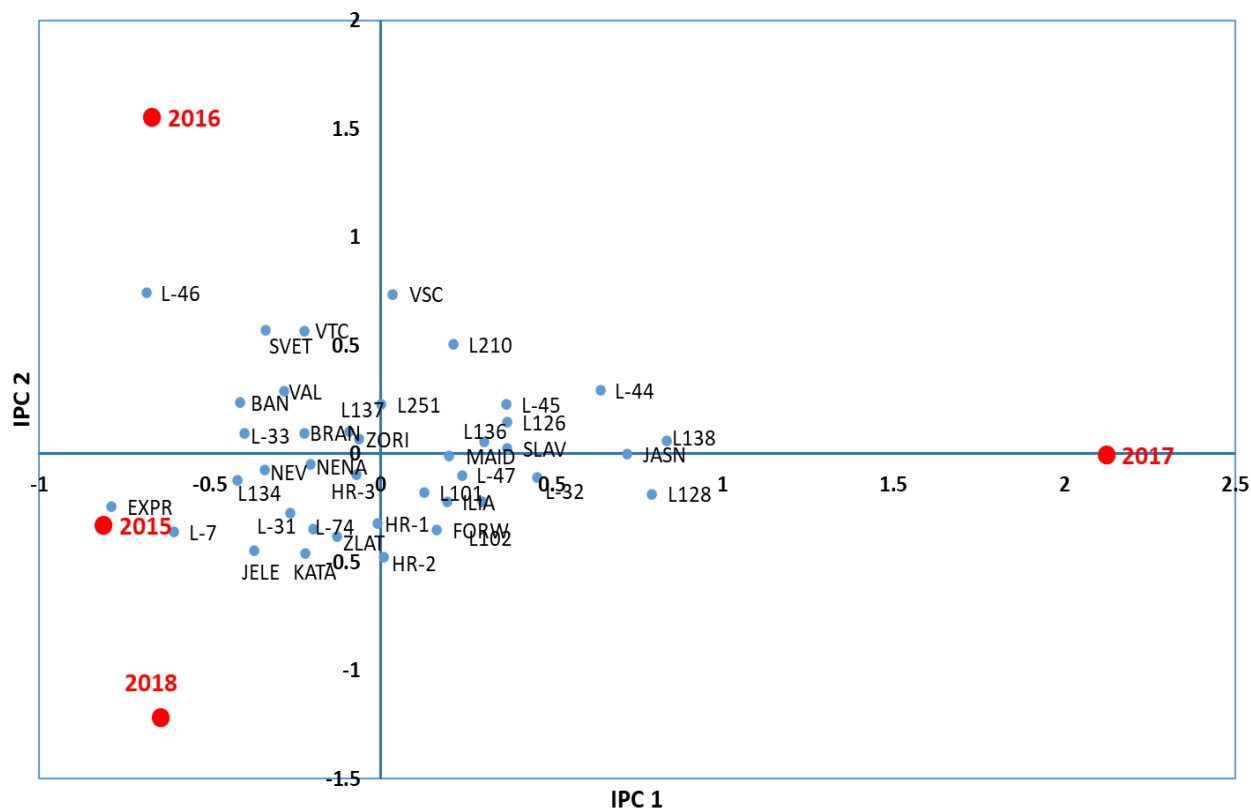
TRET tretman, GEN genotip, GOD godina, G × E interakcija genotipa i okruženja, IPC1 i IPC2 prva i druga glavna komponenta interakcije, SS suma kvadrata, MS sredina sume kvadrata

***značajno na nivou 0.01%

Grafikon 31 predstavlja AMMI2 biplot za sadržaj proteina definisan sa prve dve glavne komponente interakcije. Kod genotipova lociranih u blizini koordinatnog početka nije izražen interakcijski efekat, tj. adaptabilniji su u posmatranom periodu. Takvi su bili Zorica, NS-L-251, NS-L-101, NS-H-R-3 i Nena. S druge strane, genotipovi koji su dislocirani od koordinatnog početka pokazuju izvestan stepen interakcije, što su dalji to je veći interakcijski efekat sa okruženjem. Genotipovi koji su udaljeniji od koordinatnog početka kao što su NS-L-46, NS-L-44, NS-L-138, Jasna, NS-L-7, NS-L-128 i Express imaju izraženiji efekat interakcije.



Grafikon 30. AMMI1 biplot za prvu komponentu interakcije (IPC1) i prosečan sadržaj proteina (%), u ogledu sa 40 genotipova tokom četiri godine



Grafikon 31. AMMI2 biplot za sadržaj proteina definisan sa prve dve glavne komponente

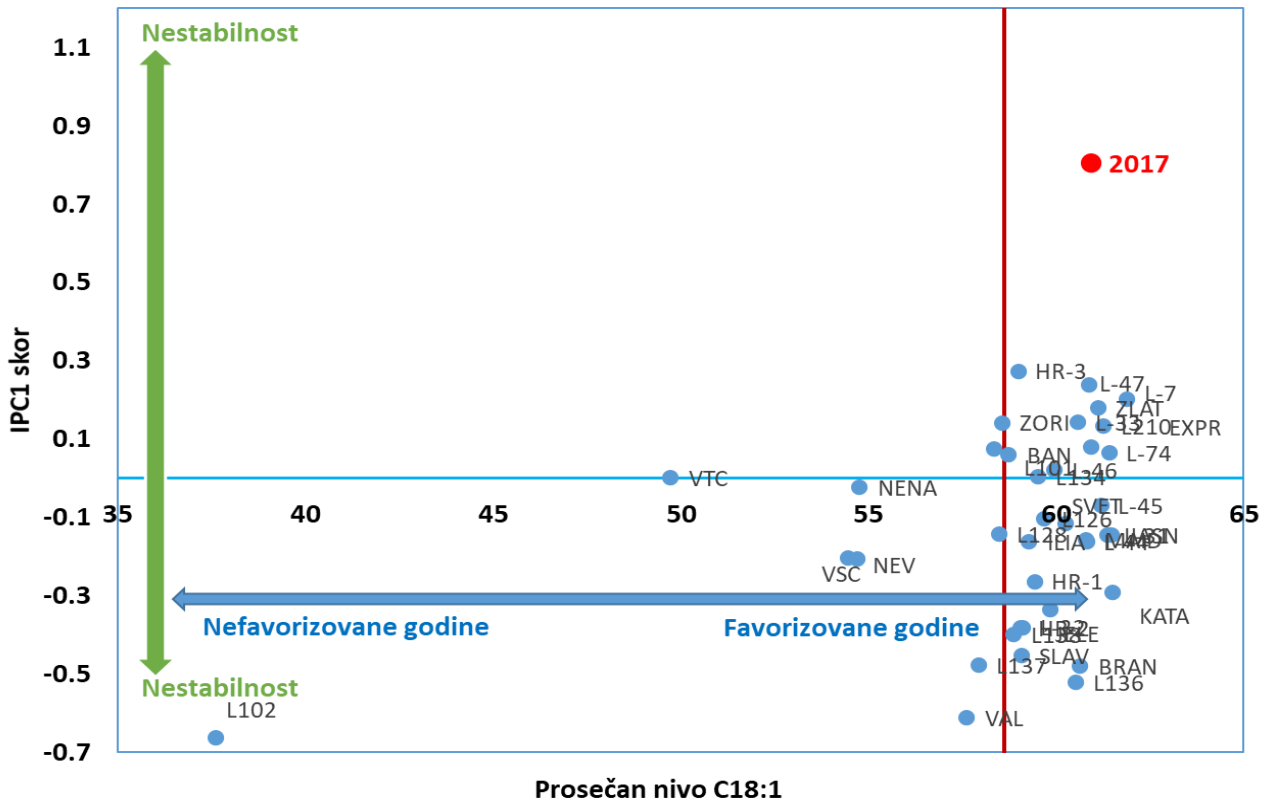
Analiza varijanse je pokazala da su genotip, godina i $G \times E$ interakcija značajno uticali na sadržaj palmitinske, stearinske, oleinske, linolne, linolenske i eruka kiseline u ulju analiziranih genotipova uljane repice u periodu 2015–2018. I u ogleđima drugih autora (Baux et al., 2013; Gauthier et al., 2017; Spasibionek et al., 2020) je potvrđen uticaj lokaliteta, genotipa i $G \times E$ interakcije na sadržaj oleinske i linolenske kiseline HOLL inbred linija repice.

Tabela 37. Analiza varijanse AMMI modela za masno-kiselinski sastav 40 genotipova uljane repice tokom četiri godine

	MS					
	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C22:1
Total	0.12	0.12	23.32	1.64	0.69	6.97
TRET	0.31***	0.30***	70.13***	4.84***	1.97***	19.94***
GEN	0.41***	0.12***	212.92***	11.16***	2.78***	69.92***
GOD	8.62***	10.37***	306.37***	44.85***	48.98***	5.25***
G × E	0.06***	0.10***	16.48***	1.70***	0.49***	3.66***
IPC1	0.10***	0.17***	28.19***	2.54***	0.70***	5.59***
IPC2	0.06***	0.11***	12.32***	1.46***	0.48***	2.98***
Rezidual	0.02	0.02	7.88***	1.03***	0.28***	2.24***
Greška	0.02	0.03	0.07	0.06	0.05	0.52

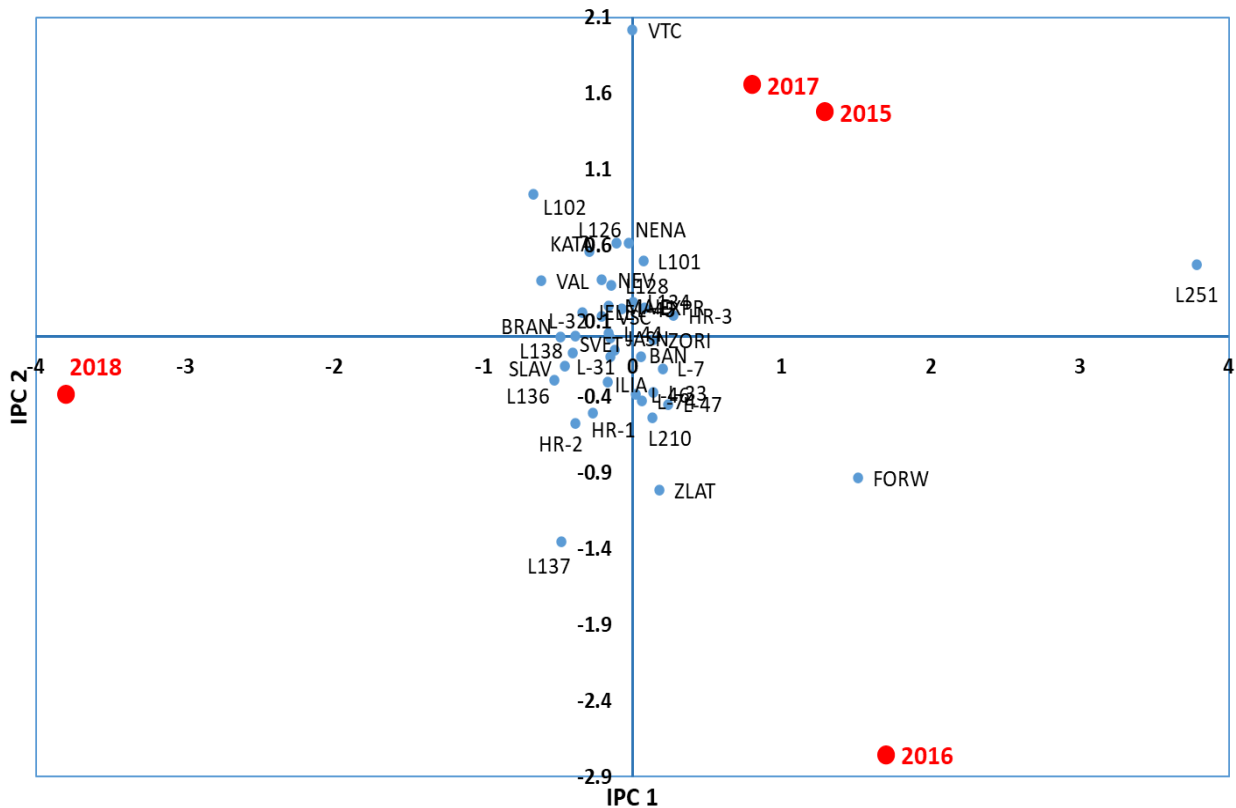
TRET tretman, GEN genotip, GOD godina, $G \times E$ interakcija genotipa i okruženja, IPC1 i IPC2 prva i druga glavna komponenta interakcije, redom, MS sredina sume kvadrata, ***značajno na nivou 0.01%

AMMI1 biplot na Grafikon 32 je konstruisan na osnovu srednjih vrednosti sadržaja oleinske kiseline genotipova i godina, kao i njihovih IPC1 skorova. Obzirom da su vrednosti IPC1 skora godišnjih proseka za 2015., 2016. i 2018. godinu dosta odstupale od IPC1 vrednosti većine genotipova, oni nisu prikazani na grafikonu u cilju bolje preglednosti. Iz istog razloga na AMMI1 biplotu nisu prikazane linije NS-L-251 i Forward. Najvišu apsolutnu vrednost IPC1 skora je imala 2018. godina (-3.79), kada je prosečan sadržaj oleinske kiseline bio najniži. U 2017. godini je ostvaren najviši prosečni sadržaj oleinske kiseline i tada su genotipovi imali najmanji $G \times E$ interakcijski efekat. Slične vrednosti IPC1 skora za 2015. i 2016. godinu ukazuju na sličan interakcijski potencijal genotipova u ovim godinama. U tim godinama je sadržaj oleinske kiseline bio malo ispod proseka, a vrednosti interakcije su bile pozitivne. Ispitivani genotipovi, koji se nalaze jedan blizu drugog na grafikonu imaju slične vrednosti sadržaja oleinske kiseline. Genotipovi Valeska svetla (VSC) i Nevena (NEV) su imale slične vrednosti oleinske kiseline i IPC1 skora što ukazuje da ove dve sorte slično reaguju na uslove spoljne sredine. Od genotipova čiji je četvorogodišnji prosek sadržaja oleinske kiseline bio viši od 61% se izdvajaju NS-L-74 i NS-L-45 čije IPC1 vrednosti su bliske nuli. Slavica i NS-L-136 imaju sličnu dužinu i pravac prostiranja vektora, što znači da imaju sličan efekat interakcije u različitim sredinama. Ovi genotipovi imaju pozitivnu interakciju sa 2018. godinom, odnosno dobru adaptabilnost na klimatske uslove koji su vladali u ovoj godini. Pozitivnu interakciju sa 2015. i 2017. su imali NS-H-R-3, Express, NS-L-101 i NS-L-134. Vektori genotipova Forward, Zlatna, NS-L-210 se pružaju u istom smeru kao i vektor za 2016. godinu, što ukazuje na pozitivnu interakciju između navedenih genotipova i klimatskih faktora u toj godini.



Grafikon 32. AMMI1 biplot za prvu komponentu interakcije (IPC1) i prosečan sadržaj oleinske kiseline (%), u ogledu sa 40 genotipova tokom četiri godine

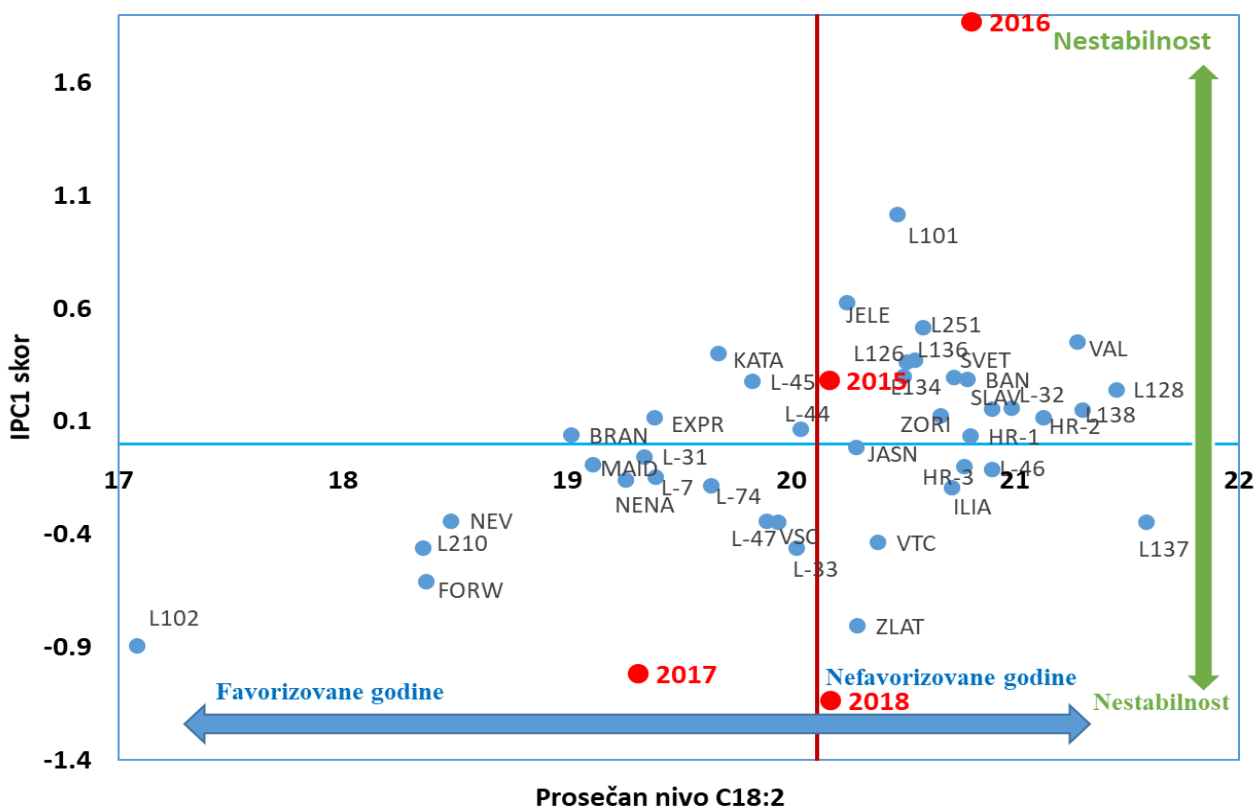
Zbog jasnijeg prikaza, proseci za 2015., 2016., 2018., kao i linije NS-L-251 i Forward, čije su vrednosti IPC1 skora van skale, nisu prikazani.



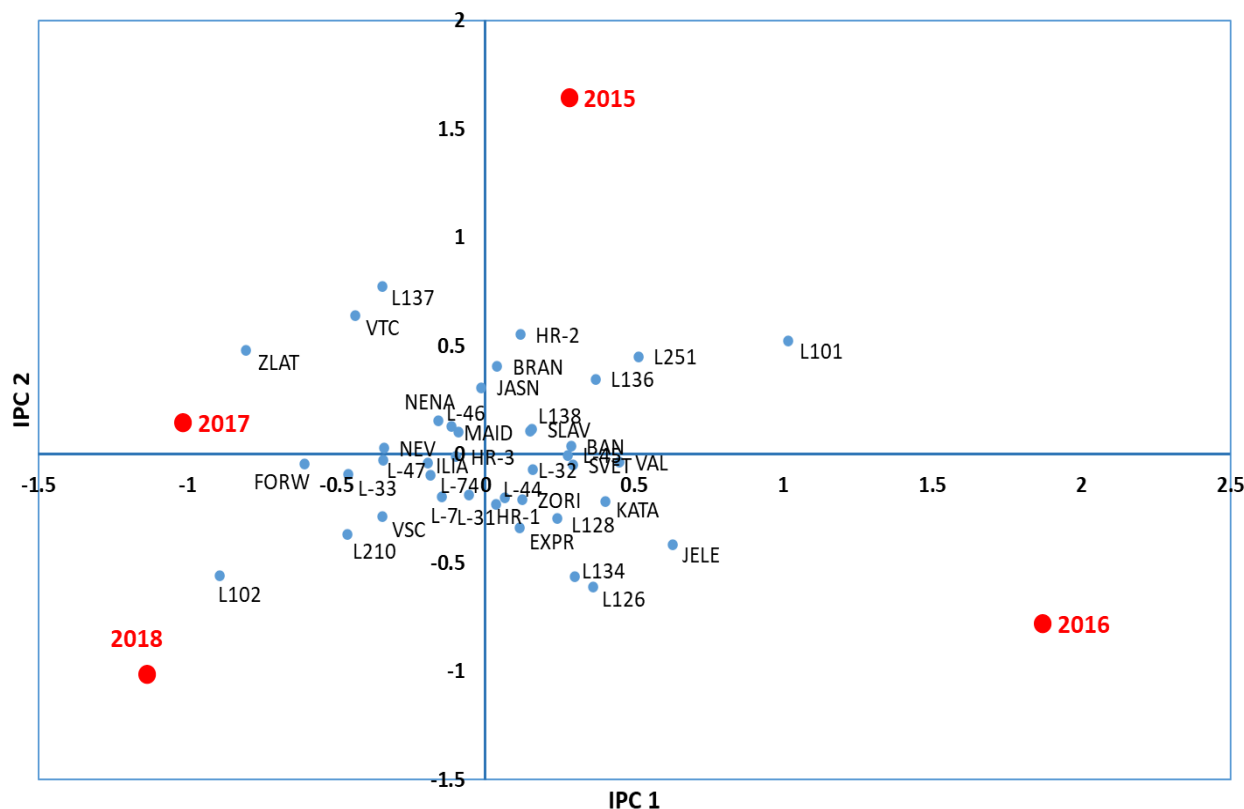
Grafikon 33. AMMI2 biplot za sadržaj oleinske kiseline definisan sa prve dve glavne komponente

Posmatrajući IPC1 vrednosti analiziranih godina se vidi da 2016. godina ima najveći IPC1 skor (Grafikon 34). Te godine su genotipovi imali najveću interakciju sa okruženjem, odnosno tada je bilo najpogodnije sagledavanje diskriminacije između genotipova. Najniža vrednost prve komponente interakcije je bila 2015. godine. Genotipovi NS-L-102, NS-L-210, Forward i Nevena imaju najniže prosečne vrednosti linolne kiseline. Međutim, njihova udaljenost od x-ose, odnosno veća vrednost IPC1 ukazuje na manju stabilnost u ispitivanim sredinama. Obzirom da se savremenim oplemenjivačkim programima teži stvaranju stabilnih sorti i hibrida uljane repice sa nižim sadržajem linolne kiseline, za dalji oplemenjivački rad i preporuku u gajenju su korisne Branka, Maidan i NS-L-31, čije IPC1 su niže od 0.10 i koje odlikuje veća stabilnost.

Linije NS-L-7, Valeska svetla, NS-L-210 i NS-L-102 su pozitivno interagovale sa 2018. godinom. Vektori genotipova NS-L-32, Zorica, Kata i Jelena se pružaju u istom smeru kao i vektor za 2016. godinu, što govori da su te godine interakcije između ovih genotipova i spoljašnjih faktora, pre svega klimatskih, bile pozitivne.



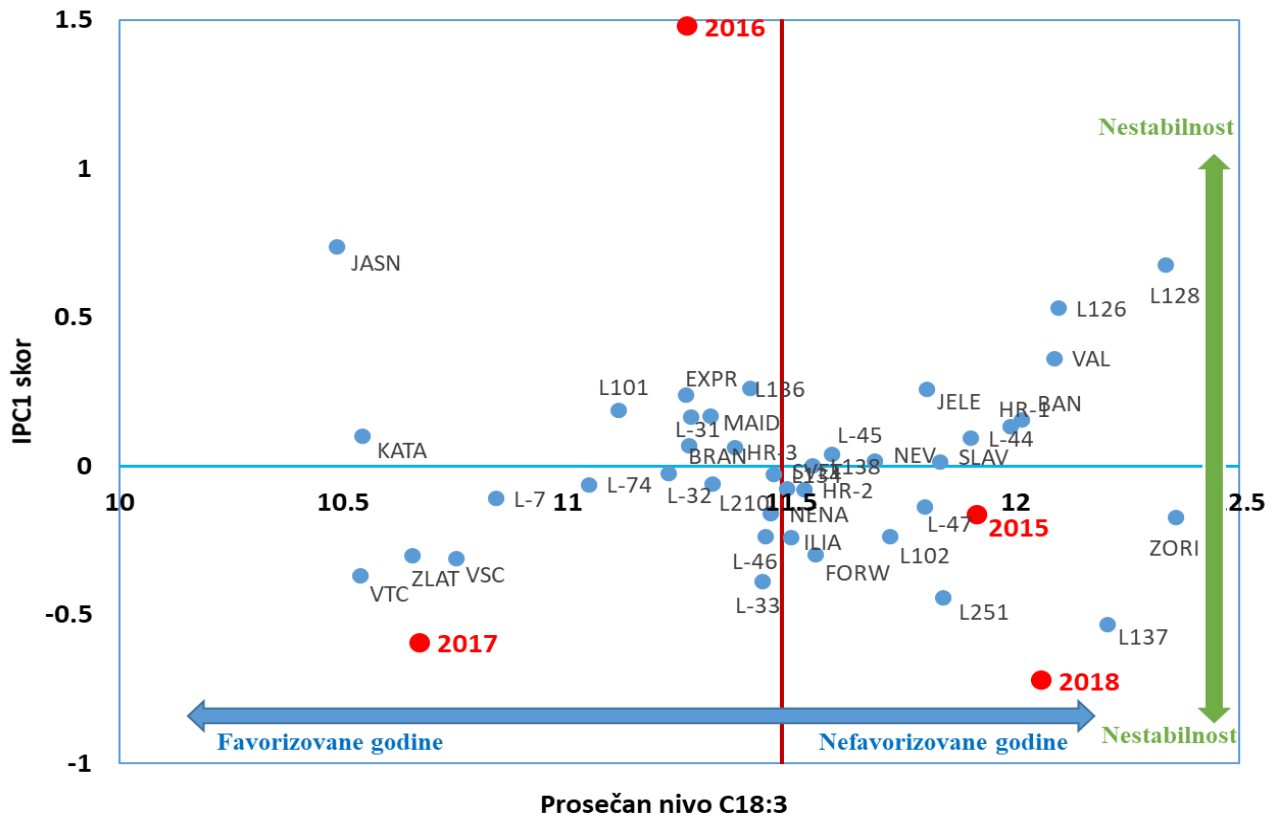
Grafikon 34. AMMI1 biplot za prvu komponentu interakcije (IPC1) i prosečan sadržaj linolne kiseline (%), u ogledu sa 40 genotipova tokom četiri godine



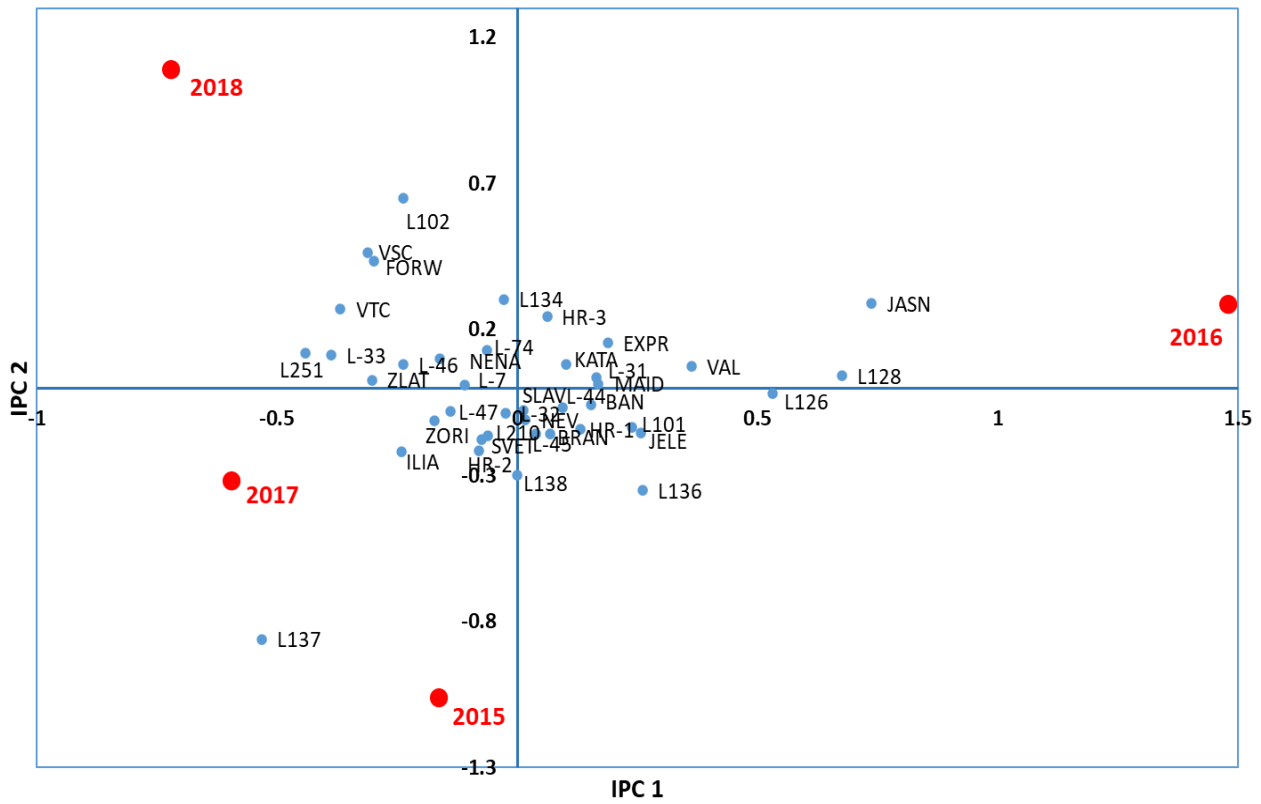
Grafikon 35. AMMI2 biplot za sadržaj linolne kiseline definisan sa prve dve glavne komponente

Najveća vrednost prve glavne komponente interakcije je bila za 2016. godinu, što znači da je tada bila najizraženija $G \times E$ interakcija za osobinu sadržaj linolenske kiseline (Grafikon 36). U 2015. godini je interakcija između genotipa i sredine bila najmanja. Neposredna lociranost genotipova Valeska tamna, Zlatna, Valeska svetla vektoru koji predstavlja 2017. godinu, ukazuje na to da su ovi genotipovi imali nizak udeo linolenske kiseline u ulju. Genotipovi NS-H-R-1 i Banaćanka, kao i NS-L-31 i Maidan imaju slične vrednosti C18:3 i IPC1 na osnovu čega se pretpostavlja da u sličnim uslovima sredine reaguju na sličan način u pogledu sadržaja C18:3.

Pozitivnu interakciju sa 2017. godinom su imale NS-L-47, Zorica i Ilia, čiji vektori se prostiru u istom smeru sa vektorom za ovu godinu. Linije Valeska svetla, Forward, NS-L-102, Valeska tamna kao i drugi genotipovi iz drugog kvadranta u kome se nalazi vektor za 2018. godinu su pozitivno interagovali, što je pozitivno uticalo na viši sadržaj C18:3 u ulju semena.



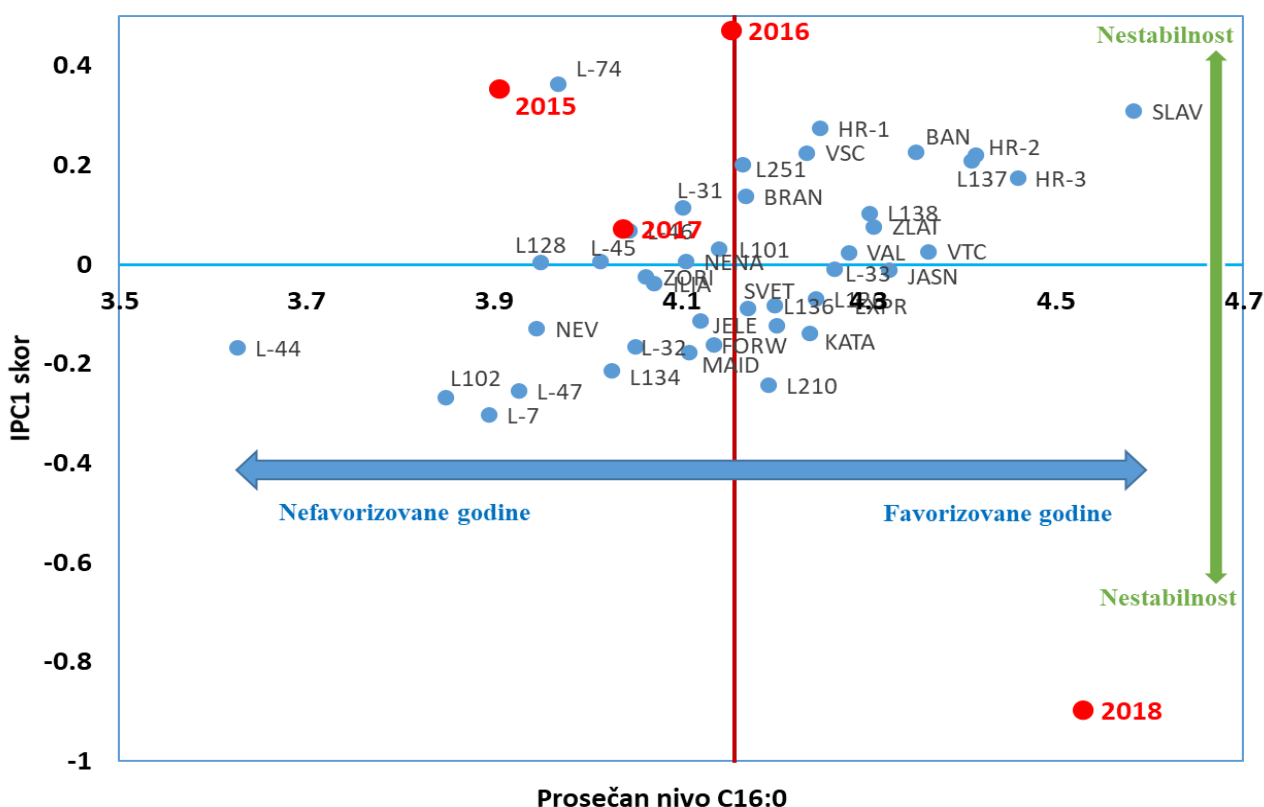
Grafikon 36. AMMI1 biplot za prvu komponentu interakcije (IPC1) i prosečan sadržaj linolenske kiseline (%), u ogledu sa 40 genotipova tokom četiri godine



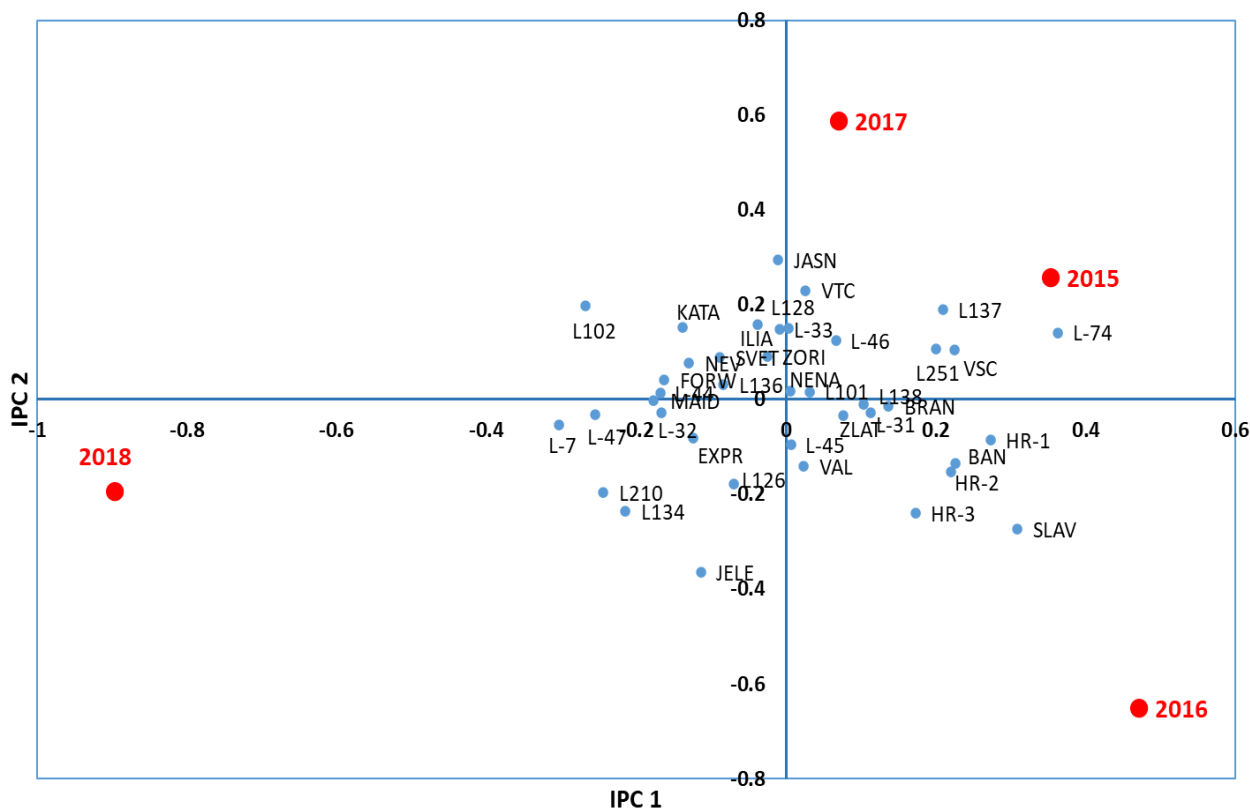
Grafikon 37. AMMI2 biplot za sadržaj linolenske kiseline definisan sa prve dve glavne komponente

Pozitivne vrednosti IPC1 skora za sadržaj C16:0 su imale 2015., 2016. i 2017. godina (Grafikon 38). Najveća apsolutna vrednost prve glavne komponente interakcije je bila 2018. godine. Visok sadržaj palmitinske kiseline u periodu 2015–2018. su imale Slavica, NS-H-R-3, NS-H-R-2 i NS-L-137. Sva četiri genotipa odlikuje mala stabilnost u posmatranim godinama. Linija Valeska tamna, iako ima nešto niži udeo palmitinske kiseline u ulju, ima veću stabilnost. U analiziranom periodu najniže vrednosti IPC1 su imale NS-L-128, NS-L-45, Nena i NS-L-33 čije vrednosti IPC1 su bile bliske nuli, što ukazuje na njihovu najveću stabilnost u poređenju sa drugim genotipovima. Genotipovi NS-L-137 i NS-H-R-2 s jedne i Zorica i Ilija s druge strane se nalaze jedno blizu drugog na biplotu što govori da imaju slične prosečne vrednosti palmitinske kiseline i prve glavne komponente interakcije. Vektori genotipova NS-L-210, Kata, NS-L-136, Svetlana i Express se pružaju u istom smeru kao i vektor za 2018. To ukazuje da ovi genotipovi imaju pozitivnu interakciju sa 2018. u pogledu sadržaja palmitinske kiseline. Genotipovi NS-H-R-1, Valeska svetla, Banačanka, NS-H-R-2, NS-H-R-3 su negativno interagovali sa 2015. i 2017. godinom.

Genotipski marker za NS-L-74 i marker za 2015. godinu se pružaju u istom smeru i udaljeni su od koordinatnog početka, te imaju veliku pozitivnu $G \times E$ interakciju (Grafikon 39). Slavica i NS-H-R-1 imaju suprotne obrasce interakcije u odnosu na NS-L-102 obzirom da su im vektori orijentisani u suprotnim pravcima. Linije NS-L-210 i NS-L-134 imaju sličnu dužinu i pravac prostiranja vektora, što znači da imaju sličan efekat interakcije u različitim sredinama. Ovi genotipovi su imali pozitivnu interakciju sa 2018. godinom, odnosno bili su dobro adaptirani na klimatske uslove koji su vladali te godine. Genotipovi Banačanka i NS-H-R-2 se nalaze jedan kraj drugog na AMMI2 biplotu, što govori o sličnim vrednostima prve i druge komponente interakcije. Oni su u pozitivnoj interakciji sa 2016. godinom.



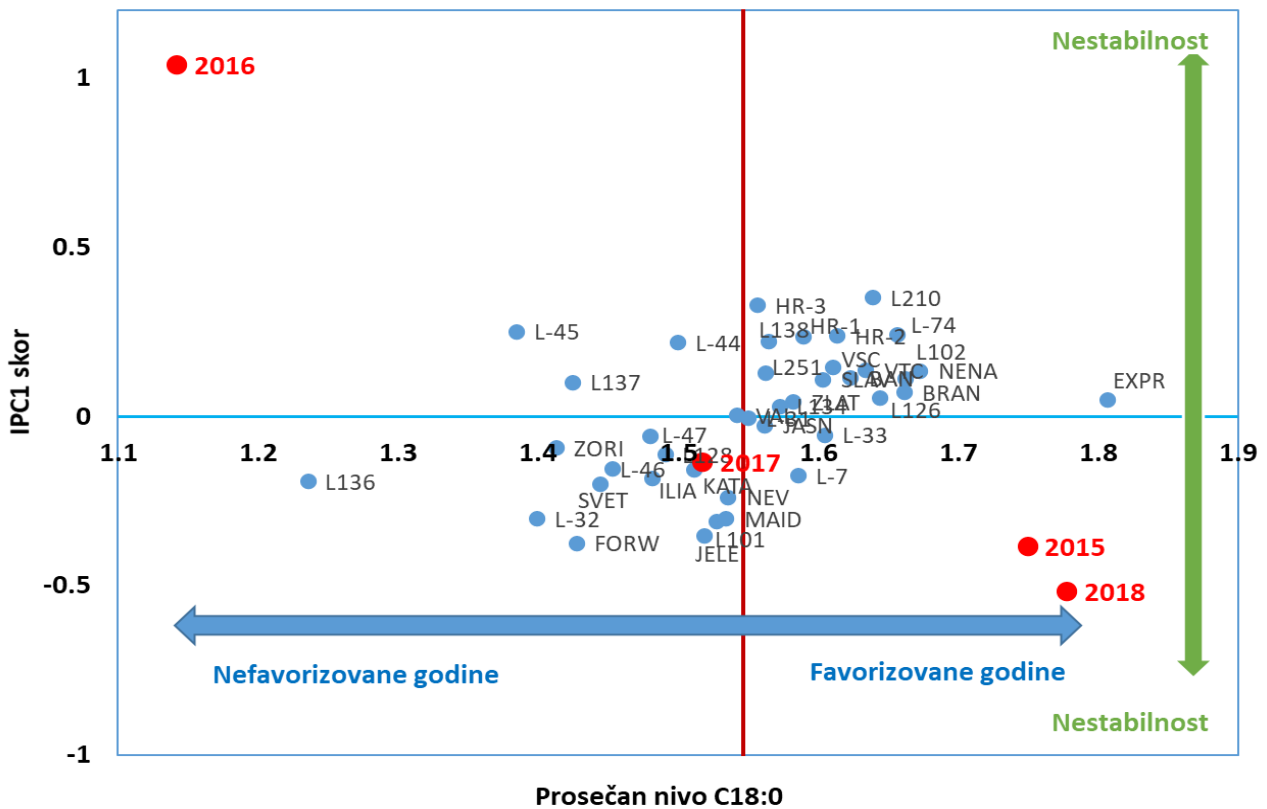
Grafikon 38. AMMI1 biplot za prvu komponentu interakcije (IPC1) i prosečan sadržaj palmitinske kiseline (%), u ogledu sa 40 genotipova tokom četiri godine



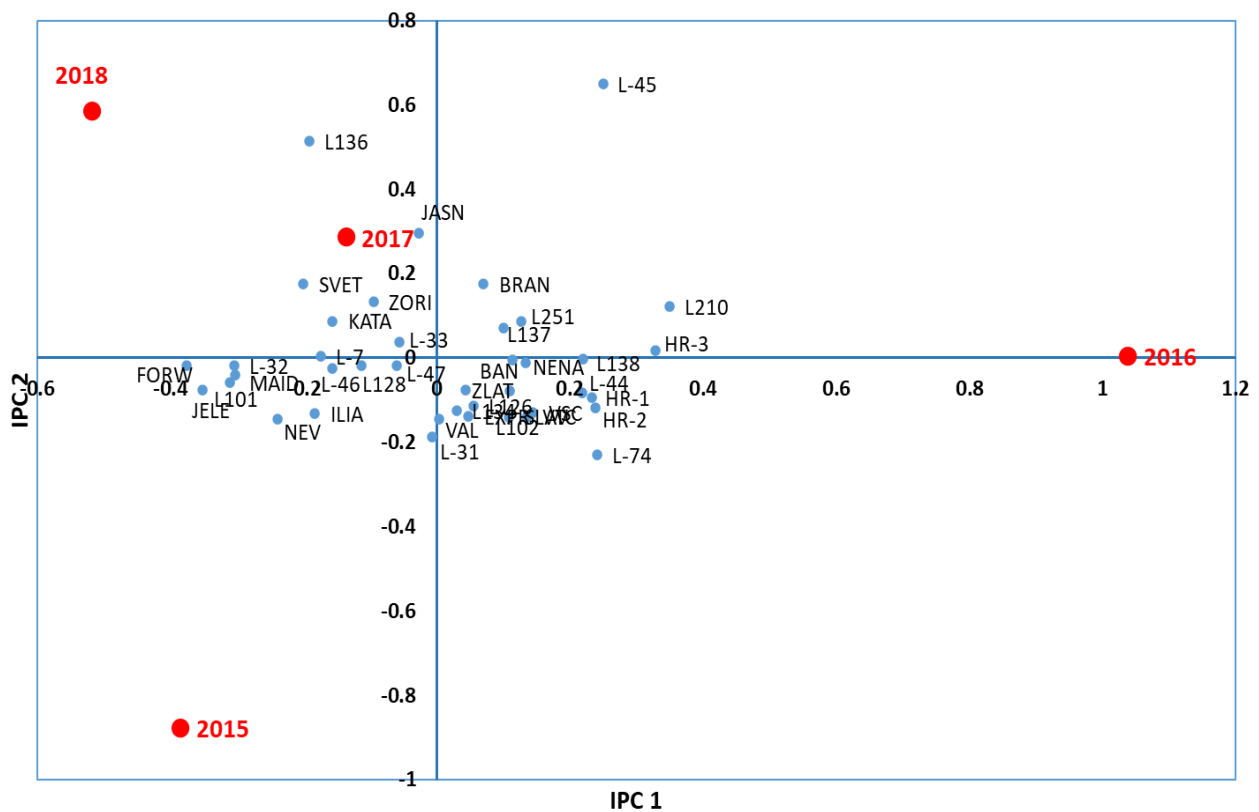
Grafikon 39. AMMI2 biplot za sadržaj palmitinske kiseline definisan sa prve dve glavne komponente

Najveću vrednost IPC1 za sadržaj stearinske kiseline je imala 2016. godina. Te godine je sadržaj C18:0 bio najniži u odnosu na druge analizirane godine, a interakcije sredine najizraženije. Najmanje $G \times E$ interakcije su bile 2017. Sa Grafikon 40 se primećuje da su genotipovi i godine varirale po prosečnim vrednostima stearinske kiseline i po interakcijskom efektu. Sličan prosečan sadržaj stearinske kiseline i IPC1 vrednosti su imale NS-L-101 i Maidan, što ukazuje da ove dve linije reaguju na sličan način na promene sredine. Isto važi i za NS-L-31 i Valesca, koji se nalaze u koordinatnom početku, odnosno čiji sadržaj stearinske kiseline je u nivou četvorogodišnjeg proseka i koji su izuzetno stabilni u različitim godinama. Pozitivnu interakciju sa 2016. godinom su imale linije NS-L-45, NS-L-44 i NS-L-137.

Najbliži koordinatnom početku, odnosno najstabilniji su bili NS-L-33, NS-L-47, Zlatna, NS-L-126 i NS-L-134. Vektori genotipova NS-L-74, NS-L-102, Nena, NS-L-126 i Express zaklapaju oštar ugao sa vektorom za 2016. godinu, što znači da su ostvarili pozitivnu interakciju.



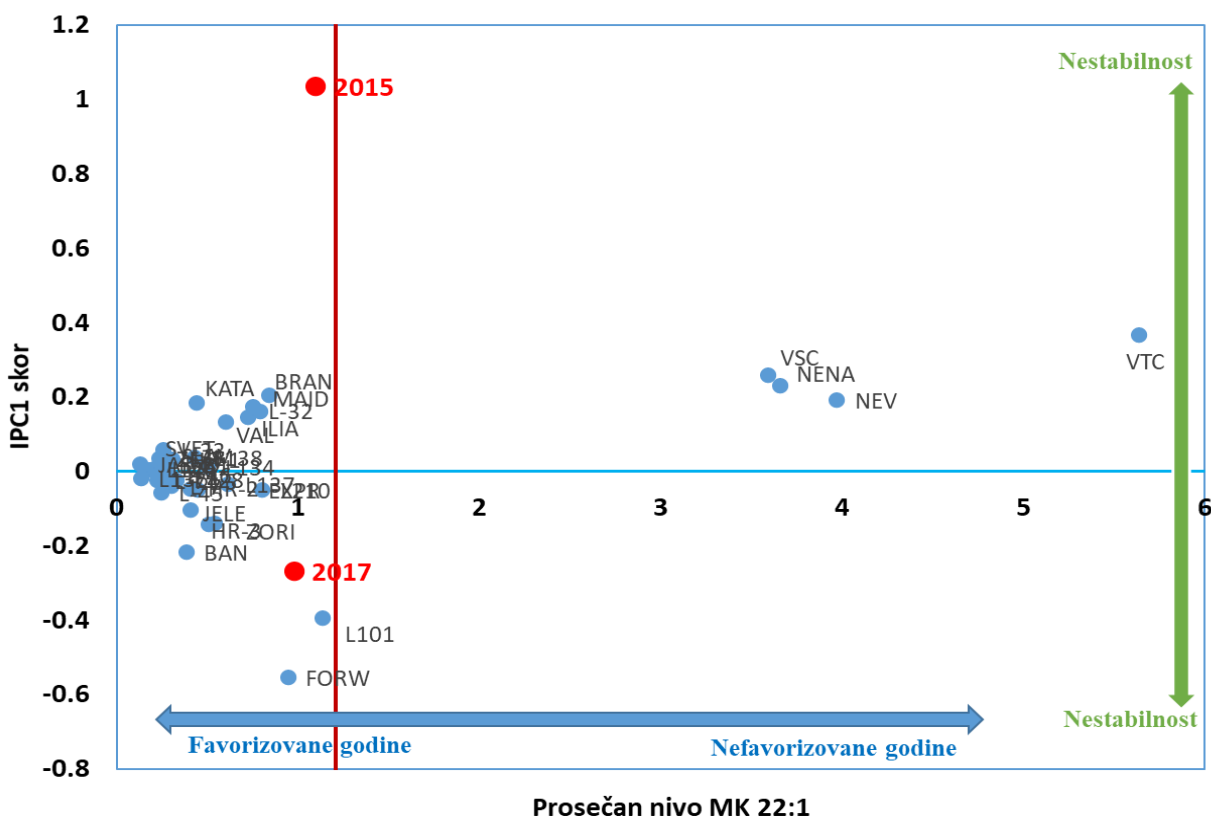
Grafikon 40. AMMI1 biplot za prvu komponentu interakcije (IPC1) i prosečan sadržaj stearinske kiseline (%), u ogledu sa 40 genotipova tokom četiri godine



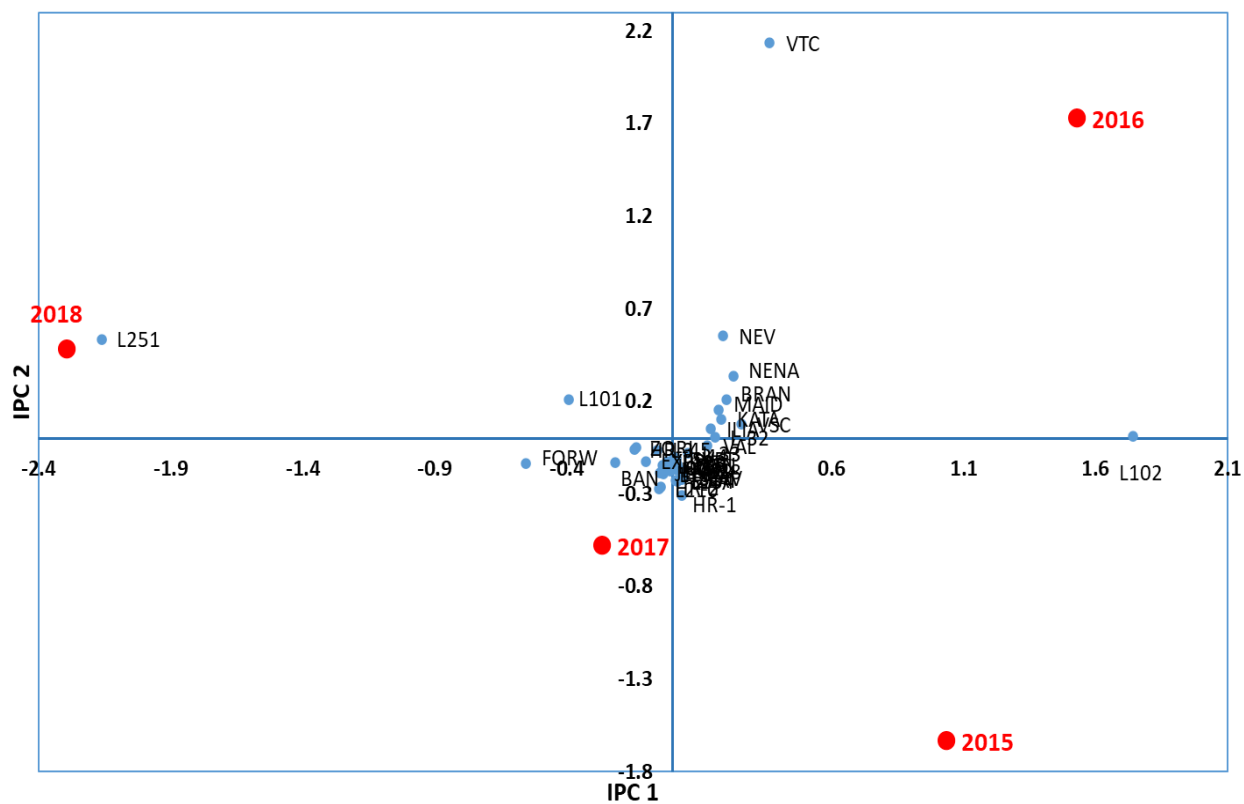
Grafikon 41. AMMI2 biplot za sadržaj stearinske kiseline definisan sa prve dve glavne komponente

Najviša apsolutna vrednost prve glavne komponente interakcije je bila za 2018., a najniža za 2017. godinu (Grafikon 42). U 2018. su genotipovi ispoljili najveću interakciju sa spoljnom sredinom. Neposredna lociranost markera genotipova Valeska svetla i Nena označava da su njihovi četvorogodišnji proseci sadržaja eruka kiseline kao i prva glavna komponenta interakcije slični. Najveću negativnu interakciju od -2.16 je imala linija NS-L-251 (nije prikazana zbog bolje preglednosti). Ova linija je imala pozitivnu interakciju sa 2018. godinom, a negativnu sa 2015. i 2016. godinom. Linija NS-L-102, koju karakteriše najviši prosečni sadržaj eruka kiseline, je imala najveću pozitivnu vrednost IPC1 komponente 1.74 (nije prikazana zbog bolje preglednosti). Markeri za 2016. i 2018. godinu su izostavljeni sa AMMI1 grafikona da bi se zadržala bolja preglednost (njihove vrednosti IPC1 su iznosile 1.53 i -2.29, redom).

Pozitivnu interakciju sa 2016. godinom su imale Valeska tamna, Nevena, Branka, Maidan, Kata i Ilija, čiji vektori se prostiru u istom smeru sa vektorom za ovu godinu (Grafikon 43). Sa grafikona se primećuje da su Forward i Banačanka imali negativne vrednosti prve i druge glavne komponente interakcije, baš kao i marker za 2017. godinu. Vektori ove dve sorte i 2017. su usmereni na istu stranu, što znači da su u pozitivnoj interakciji.



Grafikon 42. AMMI1 biplot za prvu komponentu interakcije (IPC1) i prosečan sadržaj eruka kiseline (%), u ogledu sa 40 genotipova tokom četiri godine



Grafikon 43. AMMI2 biplot za sadržaj eruka kiseline definisan sa prve dve glavne komponente

6.4. Stabilnost genotipova uljane repice po prinosu i kvalitetu semena

Slične prosečne vrednosti prinosa semena od oko 2530 kg/ha su imale Jelena, NS-L-32 i NS-L-136. Ova tri genotipa imaju najveći potencijal za rodnost. Sva tri su bila visoko prinosa, ali su se međusobno razlikovali po stabilnosti. Veća udaljenost od x-ose na AMMI1 biplotu znači da su ti genotipovi manje stabilni u analiziranim sredinama. Najstabilnija je bila linija NS-L-136, a od tri pomenuta genotipa najveću interakciju sa okruženjem je ispoljila sorta Jelena. Sa AMMI2 biplota za prinos semena (Grafikon 21) se uočava da genotipovi koji se nalaze dalje od koordinatnog početka, NS-H-R-3, Svetlana i Slavica, imaju manju stabilnost. Na osnovu pozicije na biplotu, koja je najbliža koordinatnom početku, Valeska svetla, Express, Kata i Jasna su bili najstabilniji genotipovi u ispitivanom periodu.

Prema vrednosti koeficijenta varijacije prinos semena sorte Slavica je najmanje varirao, kao i NS-L-32 i NS-L-251 (Tabela 38). Rangiranjem na osnovu visokog prinosa i malog koeficijenta varijacije kao najstabilniji genotipovi su se istakli NS-L-32, NS-L-136 i NS-L-251, dok je NS-L-46 bila najslabije plasirana, tj. najmanje stabilna.

Manje vrednosti ASV ukazuju da je genotip stabilniji u većem broju ispitivanih sredina. Ekspres, VSC i Kata su bili najstabilniji, a HR-3, Svetlana i Slavica najmanje stabilni na osnovu rangiranja prema ASV. Rangiranjem po indeksu stabilnosti prinosa NS-L-136, NS-L-47 i NS-L-44 su bili najstabilniji. Indeks održivosti bio je srednji do veoma visok. Na osnovu vrednosti indeksa održivosti je konstatovana najveća stabilnost za sortu Slavica. Na osnovu ukupnog ranga genotipova je utvrđeno da NS-L-136, NS-L-32 i NS-L-7 poseduju najveću stabilnost za prinos semena. Rangiranjem po CV, YSI, SI, kao i po ukupnom rangu NS-L-210 je bio najmanje stabilan genotip po prinosu.

Sorta Slavica je imala nešto viši prinos ulja u odnosu na prosek svih analiziranih genotipova, međutim veća vrednost IPC1 komponente ukazuje da je ova sorta bila nestabilna. Linije NS-L-47 i NS-L-136 su se pokazale kao najstabilnije u periodu 2015–2018. One imaju skoro iste apsolutne vrednosti IPC1 (Grafikon 22). Premda Jelena i NS-L-32 imaju veće četvorogodišnje proseke prinosa ulja, one su sklonije interakciji, što se uočava po većim IPC1 vrednostima. Na AMMI2 biplotu (Grafikon 23) Valeska svetla, Ekspres, NS-L-136, Zorica (ZORI), Jasna, NS-L-47 se nalaze blizu koordinatnog početka i kod njih nije izražen interakcijski efekat, odnosno imaju veću adaptabilnost u posmatranom periodu.

Rangiranjem prema prinosu ulja Jelena je imala najviši prinos, a prema CV Slavica je bila najbolje pozicionirana (Tabela 39). Na osnovu visokog prinosa i manjeg CV NS-L-32 i NS-L-136 se smatraju najstabilnijim. Prema ASV za prinos ulja najstabilniji genotip je bio Express, koji je imao najmanju ASV vrednost. HR-3 je rangiran kao najmanje stabilan, jer je imao najveću vrednost ASV. Prema zbiru rangova za stabilnost prinosa i ASV NS-L-136 je bio prvorangiran, a NS-L-210 poslednji. Indeks održivosti je ukazao da genotipovi imaju niske do visoke vrednosti ovog pokazatelja stabilnosti, te je najbolje rangirana Slavica. U ukupnom rangu su linije NS-L-136 i NS-L-32 najstabilnije, a NS-L-210 najmanje stabilna za prinos ulja.

Tabela 38. Rangiranje 40 genotipova uljane repice po prinosu semena na osnovu većeg broja pokazatelja stabilnosti

Genotip	PS	RPS	CV	RCV	rang po PPS i CV	ASV	RASV	YSI	YSI rang	SI	RSI	UR
NS-HR-1	2.04	27	32.46	13	19	0.32	11	38	18	77.13	9	16
NS-HR-2	2.15	19	36.24	17	18	0.52	25	44	22	68.26	26	19
NS- NS-HR-3	2.44	4	40.41	26	13	0.93	40	44	23	66.46	29	21
BANAČANKA	2.05	25	43.38	29	31	0.33	12	37	16	63.98	35	25
SLAVICA	2.20	17	16.34	1	6	0.86	38	55	30	82.61	1	11
VTC	1.99	35	30.39	11	22	0.51	24	59	35	77.49	7	22
VSC	2.06	24	37.58	20	20	0.08	2	26	12	68.57	23	17
ZLAT	2.05	26	28.69	8	17	0.28	8	34	13	77.29	8	12
NS-L-74	2.02	30	36.29	18	25	0.45	21	51	25	77.52	6	23
BRANKA	2.03	28	44.70	31	33	0.71	30	58	34	64.44	34	35
EXPRESS	2.09	22	30.20	10	16	0.06	1	23	6	68.35	25	9
NS-L-7	2.29	10	28.27	7	4	0.33	13	23	7	78.81	3	3
NEVENA	2.24	13	50.41	37	26	0.49	23	36	15	65.41	31	26
VALESCA	2.01	33	45.51	33	36	0.43	19	52	28	68.56	24	34
ILIA	2.21	15	34.50	15	14	0.31	10	25	10	72.33	14	13
KATA	1.84	38	45.26	32	37	0.10	3	41	20	66.96	28	33
NENA	2.11	21	50.92	38	34	0.74	35	56	32	69.66	19	36
NS-L-31	1.99	34	39.76	23	32	0.39	17	51	26	68.72	21	28
NS-L-126	1.95	36	35.91	16	28	0.72	32	68	39	71.14	15	29
NS-L-33	2.30	9	31.82	12	8	0.34	15	24	8	74.97	13	7
L-128	2.01	32	37.87	21	29	0.61	27	59	36	70.34	16	32
SVETLANA	2.19	18	24.01	4	10	0.86	39	57	33	78.08	5	15
JASNA	2.13	20	40.44	27	23	0.15	5	25	11	69.96	18	20
L-101	2.02	31	39.57	22	30	0.43	20	51	27	67.80	27	27
ZORICA	2.35	8	29.56	9	5	0.28	9	17	4	76.11	12	4
NS-L-102	2.09	23	42.91	28	27	0.72	31	54	29	65.49	30	30
NS-L-134	2.20	16	24.06	5	9	0.42	18	34	14	78.89	2	8
NS-L-32	2.54	2	20.20	2	1	0.45	22	24	9	78.33	4	2
NS-L-136	2.53	3	24.27	6	2	0.17	6	9	1	77.08	10	1
NS-L-137	2.36	7	39.79	24	15	0.35	14	21	5	65.00	32	14
NS-L-138	2.22	14	43.64	30	21	0.70	29	43	21	64.76	33	24
NS-L-251	2.24	12	23.44	3	3	0.65	28	40	19	76.81	11	6
NS-L-210	1.89	37	57.58	40	39	0.81	37	74	40	54.36	40	40
NS-L-44	2.37	6	37.29	19	11	0.20	7	13	3	68.63	22	10
NS-L-45	1.74	40	48.47	34	38	0.54	26	66	38	60.21	39	38
NS-L-46	1.80	39	52.22	39	40	0.36	16	55	31	61.37	38	39
NS-L-47	2.41	5	34.48	14	7	0.13	4	9	2	70.22	17	5
JELENA	2.54	1	39.97	25	12	0.77	36	37	17	69.35	20	18
FORWARD	2.02	29	48.85	35	35	0.73	33	62	37	61.86	37	37
MAIDAN	2.28	11	49.20	36	24	0.73	34	45	24	63.30	36	31

PS prosečan prinos semena, RPS rang po PS, CV koeficijent varijacije, RCV rang po CV, ASV AMMI vrednost stabilnosti, RASV rang po ASV, YSI indeks stabilnosti prinosa, SI indeks održivosti, RSI rang po SI, UR ukupan rang; podebljanim brojevima su označena prva tri najbolje rangirana genotipa na osnovu svakog pokazatelja stabilnosti

Tabela 39. Rangiranje 40 genotipova uljane repice po prinosu ulja na osnovu većeg broja pokazatelja stabilnosti

Genotip	PU	RP U	CV	RC V	rang po rang po	ASV	RAS V	YS I	YSI rang	SI	SI rang	U R
NS-HR-1	915.12	28	36.7	13	18	6.96	16	44	21	47.3	11	16
NS-HR-2	978.96	20	42.4	21	19	12.5	27	47	23	37.5	24	22
NS-HR-3	1084.9	4	45.3	26	13	18.8	40	44	22	35.2	26	21
BANAČANKA	918.23	27	45.5	28	31	5.57	12	39	17	35.0	27	24
SLAVICA	979.20	19	20.7	1	7	17.4	39	58	33	63.9	1	14
VTC	833.01	38	33.9	11	25	12.3	26	64	38	50.3	8	25
VSC	892.14	33	41.4	18	28	2.07	2	35	14	39.8	20	19
ZLATNA	944.51	24	33.2	9	15	4.69	9	33	13	49.4	9	10
NS-L-74	926.49	26	39.9	17	20	10.1	24	50	28	44.8	13	20
BRANKA	935.99	25	48.1	30	32	15.2	36	61	35	33.3	31	37
EXPRESS	952.32	23	33.5	10	16	0.45	1	24	8	44.7	14	9
NS-L-7	1075.0	6	32.4	7	3	4.67	8	14	3	50.9	7	3
NEVENA	998.13	15	54.4	39	30	9.17	21	36	15	29.3	37	28
VALESCA	885.59	34	48.8	32	35	9.26	22	56	32	34.9	28	34
ILIA	1013.7	12	38.7	15	12	6.68	15	27	10	42.9	16	11
KATA	858.55	36	50.9	33	37	3.49	5	41	19	31.4	34	32
NENA	969.56	21	52.7	37	34	14.5	31	52	29	33.0	32	35
NS-L-31	903.78	29	41.9	20	26	8.53	20	49	25	41.1	18	23
NS-L-126	878.91	35	38.5	14	27	15.0	33	68	39	43.0	15	30
NS-L-33	1055.0	9	35.6	12	9	5.96	13	22	7	46.5	12	7
NS-L-128	901.88	30	42.9	23	29	11.8	25	55	31	38.6	21	29
SVETLANA	958.09	22	26.8	4	11	17.0	38	60	34	56.4	2	17
JASNA	986.34	18	45.3	27	21	3.62	6	24	9	36.8	25	15
NS-L-101	893.09	32	43.5	24	33	7.79	17	49	26	38.0	23	26
ZORICA	1061.0	7	33.0	8	5	5.40	11	18	4	49.4	10	4
NS-L-102	990.96	16	47.3	29	22	15.5	37	53	30	33.3	30	33
NS-L-134	1004.2	13	29.4	6	6	6.61	14	27	11	53.2	6	6
NS-L-32	1135.3	2	25.7	2	1	8.40	19	21	6	55.4	3	2
NS-L-136	1129.0	3	28.5	5	2	2.40	3	6	1	53.2	5	1
NS-L-137	1043.6	10	45.1	25	17	7.95	18	28	12	34.9	29	18
NS-L-138	988.30	17	48.3	31	23	14.8	32	49	27	32.7	33	31
NS-L-251	1024.8	11	26.7	3	4	12.9	29	40	18	55.3	4	8
NS-L-210	841.37	37	61.4	40	39	15.2	34	71	40	20.9	40	40
NS-L-44	1056.9	8	42.7	22	14	4.80	10	18	5	38.1	22	12
NS-L-45	776.75	39	51.9	35	38	9.76	23	62	37	28.9	38	39
NS-L-46	770.20	40	53.7	38	40	4.29	7	47	24	28.9	39	36
NS-L-47	1084.3	5	39.1	16	10	3.24	4	9	2	41.4	17	5
JELENA	1161.7	1	41.9	19	8	15.2	35	36	16	40.2	19	13
FORWARD	893.89	31	52.1	36	36	13.3	30	61	36	29.4	36	38
MAIDAN	1004.1	14	51.6	34	24	12.8	28	42	20	30.8	35	27

PU prosečan prinos ulja, RPU rang po PU, CV koeficijent varijacije, RCV rang po CV, ASV AMMI vrednost stabilnosti, RASV rang po ASV, YSI indeks stabilnosti prinosa ulja, SI indeks održivosti, RSI rang po SI, UR ukupan rang; podebljanim brojevima su označena prva tri najbolje rangirana genotipa na osnovu svakog pokazatelja stabilnosti

Eksperimentalni hibrid NS-H-R-3 je bio najnestabilniji u posmatranom periodu u pogledu prinosa proteina. Linije NS-L-32 i NS-L-136 su imale najviši prosečni prinos proteina u periodu 2015–2018. Za dalji oplemenjivački rad je korisnija linija NS-L-136 obzirom da ima visok prinos proteina i stabilnija je.

Genotipovi koji se nalaze blizu koordinatnog početka na AMMI2 biplotu imaju veću stabilnost. Na osnovu pozicije na Grafikon 25, NS-L-47, Kata i Jasna se ističu kao najstabilniji genotipovi u pogledu prinosa proteina. Najmanju stabilnost su imali genotipovi NS-L-210, Svetlana, Slavica, NS-H-R-3, koji se nalaze najdalje od koordinatnog početka.

Sa Grafikon 26 se lako uočava da su visoke vrednosti mase 1000 semena imale NS-L-44, Valeska tamna, Valeska svetla, Zorica i NS-H-R-2. Od njih je Valeska svetla bila najstabilnija, pa Zorica, dok su NS-L-44 i NS-H-R-2 imali više vrednosti IPC1 skora što ukazuje na njihovu manju stabilnost u analiziranim godinama.

Genotip NS-L-7 se pokazao kao najstabilniji za sadržaj ulja u posmatranom periodu, odnosno u klimatskim uslovima koji su karakterisali ovaj period. Sa druge strane, najmanje stabilni genotipovi su bili NS-L-102, NS-L-32, Svetlana, NS-L-101 i Branka (BRAN).

Najstabilnija po sadržaju ulja je bila linija NS-L-102, a sa najmanjim CV i ujedno najvećim indeksom održivosti Jelena (Tabela 40). NS-L-251 je najbolje rangirana po visokom sadržaju ulja sa malim CV. Linija NS-L-210 je bila najstabilnija prema ASV, a prema YSI linija NS-L-33. Na osnovu ukupnog ranga se zaključuje da su najstabilniji sadržaj ulja imali NS-L-251, Ekspres i NS-L-33.

Linija Valeska svetla sa najvišim prosečnim sadržajem proteina je bila stabilna u posmatranim sredinama. Najmanju stabilnost u pogledu sadržaja proteina su imali genotipovi NS-L-210, Svetlana, Nena, NS-H-R-3 i Forward.

Na osnovu najveće udaljenosti od koordinatnog početka se zaključuje da je NS-L-251 imao najmanju stabilnost sadržaja C18:1 u analiziranim godinama, odnosno da je bio najpodložniji interakcijama sa okruženjem (Grafikon 33). Sličan obrazac interakcije se primećuje i kod genotipova Valeska tamna i Forward. Linije NS-L-74 i NS-L-45 istakle su se stabilnošću i visokim sadržajem oleinske kiseline. Veća udaljenost NS-L-102, Zlatna, NS-L-101 i Jelena od koordinatnog početka na AMMI2 biplotu za sadržaj C18:2 (Grafikon 35) ukazuje na njihovu malu stabilnost u posmatranim godinama. Najbliži koordinatnom početku, odnosno najstabilniji su bili Jasna, Branka, NS-H-R-1, NS-L-31 i NS-L-44. Obzirom da Jasna i NS-H-R-1 imaju više od 20% C18:2 u ulju, iako su stabilni nisu od interesa za dalji odabir genotipova sa niskim sadržajem linolne kiseline. Četvorogodišnji prosek sadržaja linolenske kiseline sorti Jasna, Valeska tamna i Kata je blizak. Poređenjem njihovih IPC1 vrednosti se vidi da je Kata najstabilnija, odnosno da ima najnižu IPC1. Genotipovi koji su bili najudaljeniji od koordinatnog početka na Grafikon 37, odnosno koji su bili najmanje stabilni, su NS-L-137, Jasna, NS-L-128 i NS-L-126. Najstabilniji genotipovi u pogledu sadržaja linolenske kiseline su bili NS-L-74, NS-L-32, Svetlana, NS-L-210, Nevena i Slavica. Uvidom u AMMI2 biplot (Grafikon 39) se vidi da su najveću interakciju sa okruženjem u pogledu sadržaja palmitinske kiseline imali NS-L-102, NS-L-74, Slavica i Jelena, koji su najudaljeniji od koordinatnog početka. Najstabilniji su bili Nena, NS-L-101, Zorica, NS-L-45 i Zlatna. Sorta Ekspres ima najveći potencijal za visok sadržaj stearinske kiseline i pokazala se stabilnom u ispitivanom periodu. Najmanju stabilnost u posmatranim sredinama, odnosno godinama za ovu osobinu su imale Jelena, Forward, NS-L-136, NS-L-45 i NS-L-210. Na AMMI2 biplotu za sadržaj eruka kiseline (Grafikon 43) su linije NS-L-251, Valeska tamna i NS-L-102 bile najudaljenije od koordinatnog početka, odnosno bile su najnestabilnije. Najstabilniji genotipovi su bili NS-L-126, NS-L-44, Svetlana, Jasna i NS-L-128.

Tabela 40. Rangiranje 40 genotipova uljane repice po sadržaju ulja na osnovu većeg broja pokazatelja stabilnosti

Genotip	SU	RSU	CV	RCV	rang po PSU i CV	ASV	RASV	YSI	YSI rang	SI	SI rang	UR
NS-HR-1	44.16	23	5.97	29	29	0.43	15	38	18	88.44	32	28
NS-HR-2	44.58	18	7.19	39	35	0.83	33	51	31	85.60	39	38
NS-HR-3	43.78	28	5.59	26	32	0.19	4	32	12	89.05	26	20
BANAČANKA	44.15	25	4.60	10	14	0.65	25	50	30	92.36	7	18
SLAVICA	44.30	22	5.33	22	19	0.16	3	25	5	90.11	17	10
VTC	41.57	40	3.83	4	20	0.81	31	71	39	92.30	8	25
VSC	42.67	38	4.93	15	30	0.39	11	49	29	91.32	11	22
ZLATNA	45.59	3	5.39	25	11	0.51	20	23	4	88.47	31	12
NS-L-74	45.25	12	6.14	35	23	0.57	22	34	15	87.54	36	26
BRANKA	45.31	10	6.04	32	17	0.89	35	45	25	89.99	19	23
EXPRESS	45.18	14	3.68	3	4	0.41	14	28	8	92.87	4	2
NS-L-7	46.55	2	5.36	23	10	0.40	12	14	3	88.58	29	9
NEVENA	43.55	32	6.90	38	40	0.72	28	60	34	87.43	37	40
VALESCA	43.36	36	4.82	13	27	0.34	9	45	26	91.30	12	19
ILIA	45.35	7	5.29	21	12	0.22	6	13	2	89.18	25	8
KATA	45.57	4	7.65	40	21	1.05	38	42	23	84.27	40	33
NENA	45.23	13	4.19	7	6	0.44	16	29	10	92.46	6	5
NS-L-31	45.09	15	4.36	8	7	0.82	32	47	28	90.08	18	15
NS-L-126	44.83	16	3.17	2	5	0.60	23	39	20	92.98	3	7
NS-L-33	45.35	8	4.94	16	9	0.12	2	10	1	89.81	20	3
NS-L-128	44.16	24	6.00	30	33	0.46	18	42	24	87.65	35	32
SVETLANA	43.54	33	5.24	20	31	1.20	39	72	40	92.15	9	35
JASNA	45.45	6	6.53	36	18	0.77	29	35	16	86.47	38	27
NS-L-101	43.72	30	6.75	37	39	1.24	40	70	38	89.55	23	39
ZORICA	44.80	17	4.03	6	8	0.40	13	30	11	91.13	13	6
NS-L-102	46.85	1	4.87	14	3	0.98	37	38	19	88.92	28	13
NS-L-134	45.26	11	5.79	27	16	0.46	17	28	9	88.57	30	17
NS-L-32	44.34	20	5.80	28	24	0.93	36	56	33	87.94	34	36
NS-L-136	44.32	21	4.77	12	13	0.83	34	55	32	90.30	16	21
NS-L-137	43.54	34	6.02	31	38	0.66	26	60	35	88.95	27	37
NS-L-138	43.89	27	5.37	24	28	0.47	19	46	27	89.32	24	29
NS-L-251	45.48	5	3.91	5	1	0.54	21	26	6	93.27	2	1
NS-L-210	43.56	31	4.97	17	25	0.11	1	32	13	90.33	15	14
NS-L-44	43.90	26	6.05	34	36	0.31	7	33	14	88.16	33	30
NS-L-45	43.75	29	6.04	33	37	0.36	10	39	21	89.71	21	31
NS-L-46	42.11	39	4.47	9	26	0.64	24	63	36	92.59	5	24
NS-L-47	44.41	19	5.01	18	15	0.32	8	27	7	89.63	22	11
JELENA	45.32	9	2.97	1	2	0.70	27	36	17	94.67	1	4
FORWARD	43.52	35	4.77	11	22	0.20	5	40	22	90.86	14	16
MAIDAN	43.34	37	5.21	19	34	0.77	30	67	37	91.60	10	34

SU prosečan sadržaj ulja, RSU rang po SU, CV koeficijent varijacije, RCV rang po CV, ASV AMMI vrednost stabilnosti, RASV rang po ASV, YSI indeks stabilnosti sadržaja ulja, SI indeks održivosti, RSI rang po SI, UR ukupan rang; podebljanim brojevima su označena prva tri najbolje rangirana genotipa na osnovu svakog pokazatelja stabilnosti

6.5. Fenotipske i genetičke korelacije između prinosa i kvaliteta semena

Za analizirane parametre prinosa fenotipski koeficijent korelacije je imao veće vrednosti od koeficijenta genotipske korelacije. Izračunati koeficijenti genotipske i fenotipske korelacije između prinosa ulja i prinosa semena su bili veoma visoki (0.95 i 0.97 redom). Računajući Pirsonov koeficijent korelacija, Marjanović Jeromela et al. (2007) i Fikere et al. (2020) su dobili slične visoke vrednosti između ove dve osobine. Veza prinosa proteina i prinosa semena je takođe bila veoma jaka i pozitivna. Što je viši prinos semena, to i prinos ulja, odnosno prinos proteina imaju tendenciju da budu viši. Između mase 1000 semena i prinosa u analiziranim godinama nije utvrđena značajna veza. Nasuprot tome, Ivanovska et al. (2007), kao i Verdejo i Calederini (2020) su zabeležili jaku pozitivnu vezu između ove dve osobine. Rezultati Lu et al. (2011) se kose sa zaključcima Ivanovske et al. (2007) i Verdejo i Calederini (2020). Lu et al. (2011) su uočili da je masa 1000 semena u negativnoj srednje jakoj korelaciji sa prinosom semena po biljci i negativnoj jakoj vezi sa brojem semena po ljusci. Iz ovoga se može pretpostaviti da smanjen broj semena u ljusci biljka kompenzuje tako što stvara krupnija semena koja imaju veću masu. Između prinosa ulja i prinosa proteina je utvrđena srednje jaka pozitivna korelaciona veza.

Tabela 41. Korelaciona matrica¹ parametara prinosa 40 genotipova uljane repice u periodu 2015–2018.

	PS	PU	PP	MHS
PS	1	0.95**	0.75**	-0.19
PU	0.97**	1	0.54**	-0.22
PP	0.90**	0.79**	1	0.35*
MHS	-0.08	-0.08	0.19	1

PS prinos semena, PU prinos ulja, PP prinos proteina, MHS masa 1000 semena

¹Koeficijenti genetičkih korelacija su prikazani iznad dijagonale, a koeficijenti fenotipskih korelacija ispod dijagonale, * značajnost na nivou p=0.05, ** značajnost na nivou p=0.01

Uvidom u Tabela 42 se uočava da su za parametre kvaliteta vrednosti koeficijenta genotipskih korelacija bili uglavnom veći, ili približno jednaki fenotipskim korelacijama. Sadržaj ulja u periodu 2015–2018. bio u jakoj negativnoj korelaciji sa sadržajem proteina što je u saglasnosti sa rezultatima drugih autora (Vujaković et al., 2015; Hammac et al., 2017; Tetteh et al., 2019). Povećanje sadržaja ulja u semenu može biti na račun smanjenja sadržaja proteina, ili samo na račun rezidualne komponente semena. Genetička korelacija sadržaja ulja i stearinske kiseline je bila srednje jačine, dok fenotipska korelacija ova dva parametra nije bila značajna.

Između sadržaja proteina i C18:0 je ostvarena jaka negativna genetička korelacija, dok vrednost fenotipske korelacije nije prešla prag značajnosti.

Koeficijenti genetičke i fenotipske korelacije između sadržaja palmitinske i linolne kiseline su bili srednje jačine. Sadržaj palmitinske kiseline je tokom sve četiri ispitivane godine bio u jakoj pozitivnoj korelacionoj vezi sa ukupnim sadržajem zasićenih kiselina i u jakoj negativnoj vezi sa odnosom nezasićenih i zasićenih masnih kiselina. Sadržaj C16:0 je bio u srednje jakoj negativnoj vezi sa MUFA i TUS, a u srednje jakoj pozitivnoj vezi sa odnosom $\omega 6/\omega 3$.

Jaka pozitivna genetička korelacija je utvrđena između sadržaja stearinske kiseline i ukupnih zasićenih masnih kiselina, dok je fenotipska korelacija bila srednje jaka. Genetička korelacija C18:0 i US/S je bila jaka negativna, dok je fenotipska korelacija bila srednje jaka.

Tokom 10 godina praćenja kvaliteta uljane repice na većem broju lokaliteta u Viktoriji je utvrđeno da je visok sadržaj oleinske kiseline u jakoj negativnoj korelaciji sa sadržajem linolne i srednje jakoj negativnoj vezi sa sadržajem linolenske kiseline (Pritchard et al., 2000). Teh i Möllers (2016) i Fikere et al. (2020) su takođe ustanovili negativnu vezu između oleinske i linolne, odnosno linolenske kiseline. Nasuprot njima, analizom rezultata u ovom istraživanju između C18:1 i C18:3 nije konstatovana značajnost. S druge strane, značajna pozitivna međuzavisnost C18:1 i C18:2 je bila

srednje jačine. Odnos oleinske i eruka kiseline je u periodu 2015–2018. bio u jakoj negativnoj vezi, odnosno povišen sadržaj eruka kiseline kod nekih genotipova je imao za posledicu sniženje sadržaja oleinske kiseline. Negativnu međuzavisnost oleinske i eruka kiseline potvrđuju radovi Nath et al. (2009) i Tian et al. (2018). Koeficijenti genetičke i fenotipske korelacije su pokazali da su C18:1 i TUS u jakoj pozitivnoj vezi.

Sadržaj linolne kiseline je bio u jakoj negativnoj korelaciji sa MUFA i jakoj pozitivnoj korelaciji sa PUFA. Veza između linolenske kiseline i PUFA, odnosno TUS je bila srednja pozitivna, dok je između C18:3 i MUFA bila srednja negativna. Primećeno je i da je C18:3 bila u srednje jakoj negativnoj međuzavisnosti sa odnosom $\omega 6/\omega 3$ masnih kiselina. Adjonu et al. (2019) su uočili postojanje međuzavisnosti oleinske, linolne i linolenske kiseline sa sadržajem MUFA i PUFA.

Srednje jaka negativna međuzavisnost je utvrđena između eruka i linolne kiseline. Korelacija eruka kiseline i MUFA je bila srednje jaka pozitivna, a između eruka kiseline i PUFA, TUS i $\omega 6/\omega 3$ odnosa bila srednje jaka negativna.

Sadržaj ukupnih zasićenih masnih kiselina je bio u jakoj pozitivnoj genetičkoj korelaciji sa sadržajem palmitinske i stearinske kiseline, a sa US/S odnosom u savršenoj negativnoj korelaciji. Međuzavisnost TS i TUS je bila jaka negativna. Ukupan sadržaj MUFA je bio u jakoj negativnoj vezi sa sadržajem PUFA. Sadržaj ukupnih nezasićenih masnih kiselina i odnos nezasićenih i zasićenih masnih kiselina su bili u jakoj pozitivnoj korelaciji.

Tabela 42. Korelaciona matrica¹ parametara kvaliteta semena 40 genotipova uljane repice u periodu 2015–2018.

	SU	SP	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C22:1	TS	MUFA	PUFA	TUS	US/S	ω -6/ ω -3
SU	1	-0.83**	-0.21	0.57**	-0.05	-0.27*	-0.07	0.14	-0.04	0.30*	-0.25	0.12	0.03	-0.18
SP	-0.78**	1	-0.06	-0.73**	-0.05	0.20	-0.02	-0.02	-0.19	-0.14	0.16	0.17	0.20	0.19
C16:0	-0.22	-0.05	1	0.21	0.11	0.44**	-0.17	-0.22	0.90**	-0.45**	0.29*	-0.74**	-0.90**	0.49**
C18:0	0.26	-0.25	0.16	1	-0.60**	-0.59**	-0.51**	0.64**	0.73**	0.64**	-0.70**	-0.63**	-0.71**	-0.12
C18:1	-0.03	-0.05	0.10	-0.25	1	0.38**	-0.04	-0.98**	-0.07	-0.24	0.30*	0.48**	0.08	0.31
C18:2	-0.29*	0.16	0.43**	-0.30*	0.33*	1	0.25	-0.56**	0.13	-0.93**	0.92**	0.39**	-0.11	0.67
C18:3	-0.07	-0.05	-0.13	-0.24	-0.09	0.28*	1	-0.06	-0.35*	-0.57**	0.61**	0.51**	0.35*	-0.55
C22:1	0.13	-0.01	-0.22	0.27*	-0.97**	-0.54**	-0.05	1	0.01	0.44**	-0.49**	-0.52**	-0.04	-0.42
TS	-0.06	-0.13	0.85**	0.62**	-0.06	0.13	-0.27*	-0.01	1	-0.12	-0.04	-0.89**	-1.00**	0.38
MUFA	0.30*	-0.11	-0.44**	0.23	-0.16	-0.91**	-0.59**	0.40**	-0.17	1	-0.99**	-0.40**	0.11	-0.36*
PUFA	-0.26	0.12	0.29*	-0.34*	0.23	0.92**	0.63**	-0.46**	-0.01	-0.97**	1	0.54**	0.05	0.33*
TUS	0.13	0.06	-0.58**	-0.52**	0.36*	0.19	0.25	-0.33*	-0.76**	-0.02	0.25	1	0.89**	-0.04
US/S	0.05	0.14	-0.84**	-0.63**	0.08	-0.11	0.26	-0.02	-1.00**	0.17	0.02	0.78**	1	-0.35*
ω -6/ ω -3	-0.19	0.18	0.46**	-0.07	0.31*	0.66**	-0.54**	-0.41**	0.32*	-0.33*	0.31*	-0.03	-0.30*	1

TS ukupne zasićene masne kiseline, MUFA mononezasićene masne kiseline, PUFA polinezasićene masne kiseline, TUS ukupne nezasićene masne kiseline,

US/S odnos ukupnih nezasićenih i zasićenih masnih kiselina

¹Koeficijenti genetičkih korelacija su prikazani iznad dijagonale, a koeficijenti fenotipskih korelacija ispod dijagonale, * značajnost na nivou p=0.05,

** značajnost na nivou p=0.01

6.6. Fenotipska divergencija u ispitivanoj kolekciji genotipova uljane repice

Klaster dijagram ilustruje vrednosti sadržaja ulja, proteina, prinosa semena, mase 1000 semena, prinosa ulja i proteina kod 40 analiziranih genotipova uljane repice. Na Grafikon 44 se uočavaju dva klastera.

Prvi klaster, koga čine genotipovi od VSC do NS-L-128, karakterišu natprosečne i visoke vrednosti mase 1000 semena i sadržaja proteina, dok su vrednosti ostalih parametara niže od proseka. Narednim grananjem prvog klastera, dve linije koje imaju zajedničko poreklo, Valeska svetla i Valeska tamna, su se grupisale u mali podklaster. One se nalaze u okviru istog klastera kao i sorta Valesca iz koje su izvedene. S druge strane, daljim oplemenjivanjem su poboljšane neke njihove agronomske i osobine kvaliteta, pa tako one imaju veću masu 1000 semena, sadržaj i prinos proteina od sorte Valesca.

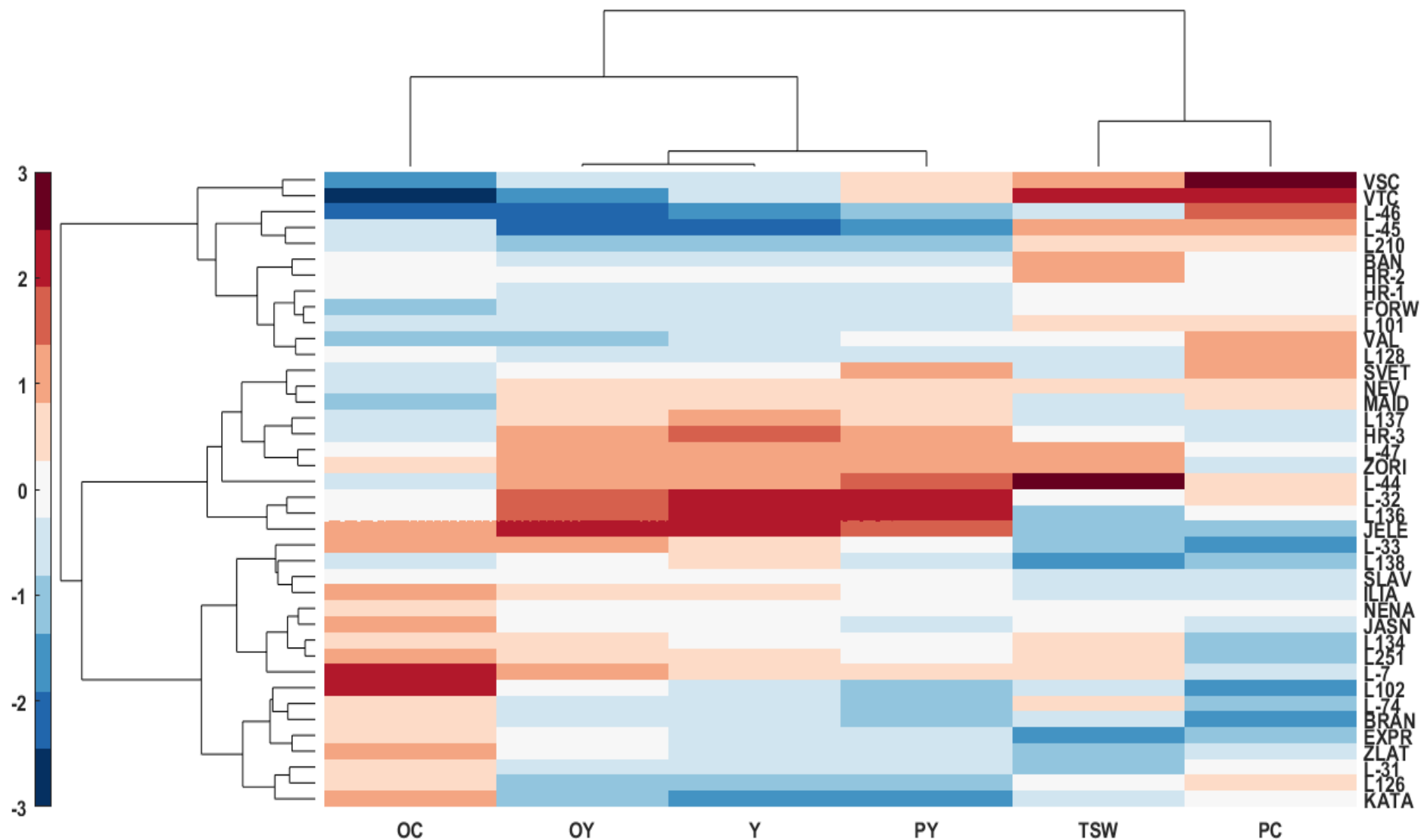
Drugom klasteru pripadaju genotipovi od sorte Svetlana (SVET) do Kate, a on se dalje grana na dve podgrupe, tj. dva podklastera. Prvom podklasteru pripadaju genotipovi od Svetlane do Jelene (JELE). Oni se odlikuju visokim vrednostima prinosa ulja, prinosa i prinosa proteina. Kod genotipova ove podgrupe su izmerene niže vrednosti sadržaja ulja, mase 1000 semena i sadržaja proteina. Izuzetak predstavlja linija NS-L-44, koja ima visoku vrednost mase 1000 semena. Drugom podklasteru pripadaju genotipovi od NS-L-33 do Kata. Njih karakteriše visok sadržaj ulja i mali sadržaj proteina u semenu. Daljim grananjem drugog podklastera se jasnije uočava grupisanje genotipova ovog podklastera na osnovu prinosa semena, prinosa ulja i proteina. Genotipovi prve podgrupe, od NS-L-33 do NS-L-7, imaju prinos semena i ulja oko i iznad proseka, a prinos proteina oko proseka. Drugu podgrupu, u koju su se grupisali genotipovi od NS-L-102 do Kata, karakteriše prinos semena, prinos ulja i proteina, koji su ispod prosečnih vrednosti svih genotipova.

Na osnovu klaster dijagrama je moguće izdvojiti analizirane osobine u dva klastera. Prvom pripadaju sadržaj ulja, prinos ulja, prinos semena i prinos proteina. Prinos ulja i prinos semena su najbližiji, pa im se na višem hijerarhijskom nivou priključuje prinos proteina. U drugi klaster su izdvojeni na osnovu sličnosti masa 1000 semena i sadržaj proteina.

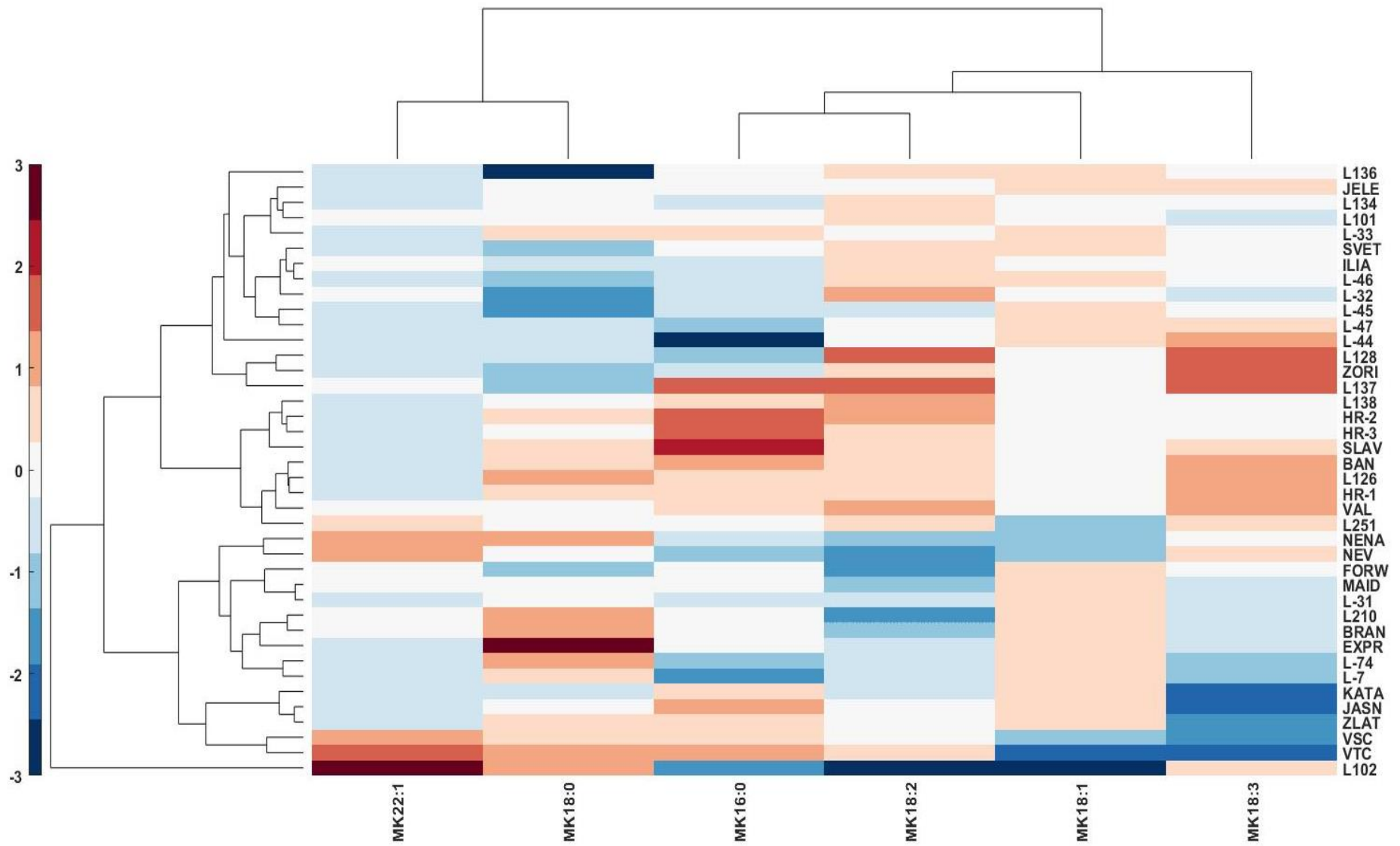
Na osnovu sadržaja šest najznačajnijih masnih kiselina u ulju uljane repice je konstruisan klaster dijagram. Na Grafikon 45 se primećuje jedan veliki klaster kome pripadaju svi analizirani genotipovi izuzev linije NS-L-102. Ovu liniju odlikuje najviši sadržaj eruka kiseline u svim godinama i veoma nizak sadržaj oleinske i linolne kiseline. Veliki klaster je dalje podeljen u dva podklastera. Prvi podklaster sa genotipovima od NS-L-136 do NS-L-251 karakteriše sadržaj eruka kiseline ispod proseka i vrednosti oleinske kiseline oko i iznad proseka.

U okviru drugog podklastera kome pripadaju genotipovi od Nena do VTC se nalazi mali klaster kome pripadaju samo Nena i Nevena. Ova dva genotipa su grupisana u isti klaster na osnovu sličnosti, jer imaju niži sadržaj oleinske, linolne i palmitinske kiseline od proseka, a sadržaj eruka kiseline im je iznad proseka svih genotipova. Pored ovog, uočava se još jedan mali klaster u okviru drugog podklastera, koga čine Valeska svetla i Valeska tamna. Ove dve linije imaju dosta visok sadržaj eruka kiseline. Takođe, njihov sadržaj palmitinske i stearinske kiseline je iznad proseka, sadržaj linolne kiseline je prosečan, dok je udeo linolenske kiseline u njihovom ulju veoma mali. Ostali genotipovi drugog podklastera (od Forward do Zlatna) imaju malo iznad proseka sadržaj oleinske kiseline, a sadržaj linolne, linolenske i eruka kiseline im je ispod proseka. Sa aspekta selekcije i oplemenjivanja, genotipovi koji pripadaju podklasteru od NS-L-136 do NS-L-44 (sa izuzetkom NS-L-33), čiji je sadržaj zasićenih masnih kiselina nizak bi mogli da se koriste za ukrštanja sa genotipovima podklastera Forward do NS-L-7, čije ulje ima više oleinske kiseline od proseka, a nizak sadržaj linolenske kiseline u cilju dobijanja ideotipa sa visokim sadržajem oleinske i sniženim sadržajem zasićenih masnih kiselina.

Na osnovu klaster dijagrama se uočava grupisanje osobina u dva klastera. Prvom pripadaju sadržaj eruka i stearinske kiseline, a drugom sadržaj palmitinske, linolne, oleinske i linolenske kiseline. Sadržaj palmitinske i linolne kiseline su najbližiji, pa im se na višem hijerarhijskom nivou priključuje sadržaj oleinske kiseline, a na sledećem nivou i sadržaj linolenske kiseline.



Grafikon 44. Klaster dijagram za parametre prinosa i sadržaj ulja i proteina 40 genotipova u periodu 2015–2018. godine (OC sadržaj ulja, OY prinos ulja, Y prinos semena, PY prinos proteina, TSW masa 1000 semena, PC sadržaj proteina)



Grafikon 45. Klaster dijagram masno-kiselinskog sastava 40 genotipova tokom četiri godine

6.7. Preporuka za dalja ukrštanja

Da bi proces oplemenjivanja bio uspešan odabir odgovarajuće metode selekcije je veoma važan. Neophodan preduslov za odabir biljaka iz neke populacije, odnosno genskog pula je postojanje varijabilnosti za osobinu od interesa.

Za dalji rad i selekciju linija planira se korišćenje pedigre metoda selekcije. Oplemenjivanje će se vršiti u smeru stvaranja visokoprinosnih i visokouljanih genotipova „00“ kvaliteta. Na osnovu dobijenih rezultata predlaže se poboljšanje sorte Slavica prostim ukrštanjem sa NS-L-251 koja ima visok stabilan sadržaj ulja. Pedigre selekcijom će se odabirati potomstva koja su stabilna za osobine sadržaj ulja i prinos semena.

Linija NS-L-102 se preporučuje za dalje oplemenjivanje kako bi se povisio sadržaj eruka kiseline u cilju korišćenja za industrijske svrhe. Ova linija je bogata uljem i ima prosečne vrednosti prinosa semena i ulja. Međutim, slabo je rangirana prema stabilnosti prinosa semena i ulja. Shodno tome, kako bi se popravila njena stabilnost potrebna su dalja ukrštanja metodom povratnog ukrštanja. Kao potencijalni genotip koji bi se koristio kao donor novog svojstva se predlaže Zorica (visok stabilan prinos semena i ulja). Prostim ukrštanjem sa genotipom Nevena (viši prinos semena i ulja, viši sadržaj eruka kiseline) se očekuju rekombinacije koje bi rezultirale individuama sa višim sadržajem eruka kiseline.

Preporučuje se primena konvergentnog oplemenjivanja kojim se teži očuvanju većine osobina, a težište je na poboljšanju samo jedne osobine neke dobre sorte. Konvergentnim ukrštanjem prema principu transgresivne rekombinacije se može stvoriti ideotip sa visokim i stabilnim prinosom semena i sadržajem ulja. Tako se linija NS-L-136 (visok i stabilan prinos semena i ulja) može koristiti kao rekurentni roditelj (A-tip) i ukrštati u kombinaciji sa linijama NS-L-102 (visok sadržaj ulja, prosečan prinos), NS-L-7 (visok sadržaj ulja, visok stabilan prinos ulja), NS-L-251 (visok stabilan sadržaj ulja, natprosečni prinos semena i ulja, masa 1000 semena), Ilia (visok stabilan sadržaj ulja, natprosečni prinos semena i ulja).

Predlaže se usmeravanje jednog pravca selekcije na povećanje sadržaja oleinske kiseline. Za dostizanje ovog cilja bi se sukcesivno ukrštale sorte Zlatna i Kata, čiji je sadržaj oleinske kiseline visok, sa linijom NS-L-7 (visokooleinska, visok sadržaj ulja, stabilnog prinosa semena i ulja).

7. ZAKLJUČAK

Odabir sorti i hibrida dobrih performansi, kao i lokaliteta za testiranje u cilju nalaženja stabilnih superiornih genotipova predstavlja izazov za oplemenjivače zbog prisustva interakcija između genotipa i sredine u kojoj se gaji.

- Analizom varijanse je utvrđena značajnost svih izvora varijacije komponenti prinosa i kvaliteta.
- Najpovoljniji uslovi za gajenje uljane repice su bili 2016. godine, kada su ostvareni najviši prinosi semena i najviši sadržaj i prinos ulja.
- Prinos semena je ispoljio veliku varijabilnost od 585.67 kg do 3619.67 kg. Utvrđeno je da genotipovi NS-L-210, NS-L-45 i NS-L-46 u ukupnom rangu imaju najmanju stabilnost. Linija NS-L-136 se izdvojila kao najprinosnija i najstabilnija, što je čini pogodnom za uključivanje u oplemenjivački program kako bi se stvarale nove perspektivne sorte i hibridi uljane repice.
- Najviši prinos ulja je bio 1680 kg/ha, a najniži 249.33 kg/ha. Iako je Jelena imala najviši prinos ulja, linije NS-L-136 i NS-L-32 sa nešto nižim prinosom ulja su se pokazale kao veoma stabilne. Nasuprot njima, rangiranjem po većem broju parametara stabilnosti genotipovi NS-L-210, NS-L-45 i Forward su imali najizraženiji efekat interakcije sa spoljnom sredinom za prinos ulja.
- Prinos proteina je varirao 124.33–686.33 kg/ha. Linije NS-L-136, NS-L-47 i NS-L-44 su bile ne samo stabilne, nego su se izdvojile i sa najvišim prinosom proteina. Najmanju stabilnost prinosa proteina su imali genotipovi NS-L-210, Svetlana, Slavica, NS-H-R-3.
- Masa 1000 semena ispitivanih genotipova se kretala u rangu 3.38–5.72g. Najveću masu 1000 semena su imale NS-L-44, Valeska tamna, Valeska svetla, Zorica i NS-H-R-2. Od njih je Valeska svetla identifikovana kao najstabilnija za ovu osobinu. Genotipovi sa najizraženijim efektom interakcije bili su NS-L-101 i NS-L-47.
- Sadržaj ulja se kretao od 39.33% do 50.12%. Linije NS-L-102 i NS-L-7 su se izdvojile sa najvišim prosečnim sadržajem ulja. U ukupnom rangu je NS-L-251 bila najstabilnija. Najmanju stabilnost za sadržaj ulja su imali NS-L-102, NS-L-32, Svetlana, NS-L-101 i Branka.
- Sadržaj proteina je bio u rangu 16.7–24.63%. Linija Valeska svetla je imala najviši prosečni sadržaj proteina i veoma nisku vrednost prve glavne komponente interakcije. Najmanju stabilnost u pogledu sadržaja proteina su imali genotipovi NS-L-210, Svetlana, Nena, NS-H-R-3 i Forward.
- Udeo oleinske kiseline u ulju uljane repice je dosta varirao, od 33.53% do 64.56%. Obzirom da je i nasledljivost ove osobine bila visoka, to predstavlja dobru osnovu za dalje oplemenjivanje na povišen sadržaj oleinske kiseline. AMMI analizom je utvrđeno da su NS-L-251 i Forward imali najveću $G \times E$ interakciju sa spoljnom sredinom. Linije NS-L-74 i NS-L-45 su imale visok sadržaj oleinske kiseline i bile su veoma stabilne.
- Udeo linolne kiseline je bio 15.75–22.88%. Genotipovi NS-L-102, NS-L-210, Forward i Nevena imaju najniže prosečne vrednosti linolne kiseline, ali ih odlikuje manja stabilnost u ispitivanim sredinama. Najstabilniji su bili Jasna, Branka, NS-H-R-1, NS-L-31 i NS-L-44, od kojih Jasna i NS-H-R-1 nisu pogodni zbog višeg sadržaja ove masne kiseline.
- Zastupljenost linolenske kiseline u ukupnim masnim kiselinama je bila 9.31–13.55%. U periodu 2015–2018. najniži prosečni sadržaj linolenske kiseline su imale Jasna, Kata i Valeska tamna, od kojih je Kata bila najstabilnija. Najmanje stabilni genotipovi su bili NS-L-137, Jasna, NS-L-128 i NS-L-126.
- Sadržaj palmitinske kiseline je malo varirao i kretao se u rasponu 3.34–4.95%. Najnižu prosečnu vrednost C16:0 je imala linija NS-L-44. Najstabilniji u pogledu sadržaja palmitinske kiseline su bili Nena, NS-L-101, Zorica, NS-L-45 i Zlatna, dok su NS-L-102, NS-L-74, Slavica i Jelena ispoljili najveći stepen interakcije sa spoljnom sredinom.

- Genotipske vrednosti za sadržaj stearinske kiseline su bile od 0.63% do 2.11%. NS-L-136 je imala najniži prosečni sadržaj C18:0. Najmanju stabilnost u posmatranim sredinama, odnosno godinama su imale Jelena, Forward, NS-L-136, NS-L-45 i NS-L-21, a najstabilniji su bili NS-L-33, NS-L-47, Zlatna, NS-L-126 i NS-L-134.
- Sadržaj eruka kiseline je imao najveći koeficijent varijacije. Vrednosti ove masne kiseline su bile 0.07–17.41%. Većina genotipova je imala manje od 2% eruka kiseline u ulju. Najviši prosečni sadržaj C22:1 je bio kod NS-L-102 i iznosio je 14.06%. Najniži četvorogodišnji prosek, ispod 0.2% su imale NS-L-136, Jasna i NS-L-126. Genotipovi NS-L-251, Valeska tamna i NS-L-102 su ispoljili najmanju, a NS-L-126, NS-L-44, Svetlana, Jasna i NS-L-128 najveću stabilnost za sadržaj eruka kiseline.
- Analizom sastava tokoferola su detektovani α - i γ -tokoferoli. Sadržaj alfa tokoferola je bio 121.83–233.88 mg/kg. Prosečan sadržaj α -tokoferola tokom svih ispitivanih godina je bio najviši kod linije Valeska tamna, a najniži kod Kata i NS-L-7. γ -Tokoferoli su varirali od 204.87 mg/kg do 369.42 mg/kg. Najviši prosečni sadržaj γ -tokoferola je detektovan kod Valesca, NS-L-46 i NS-L-210, a najniži kod Valeska tamna. Posmatrajući četvorogodišnji prosek, Valesca je imala najviši, a Kata najniži sadržaj ukupnih tokoferola.
- Heritabilnost sadržaja ulja, proteina, mase 1000 semena, svih masnih kiselina izuzev stearinske, kao i α -tokoferola je bila visoka. Procenat genetičke dobiti u odnosu na prosek je bio srednji za sadržaj oleinske kiseline i α -tokoferola, a visok za sadržaj eruka kiseline.
- Vrednosti fenotipskih korelacija za parametre prinosa su bile veće od genetičkih korelacija. Veza između prinosa semena sa jedne i prinosa ulja i prinosa proteina sa druge strane je bila jaka i pozitivna. Između mase 1000 semena i prinosa semena nije utvrđena značajna veza.
- Korelacionom analizom parametara kvaliteta je utvrđena jaka negativna korelacija sadržaja ulja i sadržaja proteina. Sadržaj palmitinske kiseline je bio u jakoj pozitivnoj korelacionoj vezi sa ukupnim sadržajem zasićenih kiselina i u jakoj negativnoj vezi sa odnosom nezasićenih i zasićenih masnih kiselina. Pozitivna korelaciona veza je utvrđena između sadržaja stearinske kiseline i ukupnih zasićenih masnih kiselina, dok je veza sa PUFA i US/S odnosom bila negativna. Odnos oleinske i eruka kiseline je bio u jakoj negativnoj vezi. Sadržaj linolne kiseline je bio u jakoj pozitivnoj korelaciji sa PUFA. Srednje jaka negativna međuzavisnost je ustanovljena između eruka i linolne kiseline. Međuzavisnost TS i TUS je bila jaka negativna, dok je sa US/S ova veza bila u savršenoj negativnoj korelaciji. Između MUFA i PUFA je utvrđena jaka negativna korelacija.
- Klaster analizom parametara prinosa i sadržaja ulja i proteina, genotipovi su se razdvojili u dva klastera. Na osnovu sadržaja šest najznačajnijih masnih kiselina u ulju uljane repice genotipovi su se grupisali u jedan veliki klaster kome pripadaju svi analizirani genotipovi izuzev linije NS-L-102, koja se izdvaja sa visokim sadržajem eruka kiseline.

8. LITERATURA

- Abbadi, A., Leckband, G. (2011): Rapeseed breeding for oil content, quality, and sustainability. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 113(10): 1198–1206. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201100063>
- Adjonu, R., Zhou, Z., Prenzler, P.D., Ayton, J., Blanchard, C.L. (2019): Different Processing Practices and the Frying Life of Refined Canola Oil. *Foods*, 8(11): 527. <https://doi.org/10.3390/foods8110527>
- Aksouh-Harradj, N.M., Campbell, L.C., Mailer, R.J. (2006): Canola response to high and moderately high temperature stresses during seed maturation. *Canadian Journal of Plant Science*, 86(4): 967–980. <https://doi.org/10.4141/P05-130>
- Al-Shehbaz, I.A., Beilstein, M.A., Kellogg, E.A. (2006): Systematics and phylogeny of the Brassicaceae (Cruciferae): an overview. *Plant Systematics and Evolution*, 259(2-4): 89–120. <https://doi.org/10.1007/s00606-006-0415-z>
- Aslam, M.N., Nelson, M.N., Kailis, S.G., Bayliss, K.L., Speijeres, J., Cowling, W.A. (2009): Canola oil increases in polyunsaturated fatty acids and decreases in oleic acid in drought-stressed Mediterranean-type environments. *Plant Breeding*, 128(4): 348–355. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2008.01577.x>
- Balalic, I., Marjanovic Jeromela, A., Crnobarac, J., Terzic, S., Radic, V., Miklic, V., Jovicic, D. (2017): Variability Of Oil And Protein Content In Rapeseed Cultivars Affected By Seeding Date. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 29(6): 404-410. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2017-01-229>
- Bandara, N., Esparza, Y., Wu, J. (2017): Exfoliating nanomaterials in canola protein derived adhesive improves strength and water resistance. *RSC Advances*, 7(11): 6743–6752. <https://doi.org/10.1039/C6RA27470F>
- Barker, L.D., Martens, R.W., Murray, E.D. (2002): Production of Oil Seed Protein Isolate. Burcon Nutrascience (MB) Corp, United States. <https://patents.google.com/patent/US7794762B2/en> pristupano 08.01.2021.
- Barthet, V.J., Daun, J.K. (2011): Seed Morphology, Composition, and Quality. In *Canola: chemistry, production, processing, and utilization* (ed. J.K. Daun, N.A. M. Eskin, D. Dickling), ISBN 9780981893655, AOCS Press, Urbana, IL, USA, p. 133. <https://doi.org/10.1016/B978-0-9818936-5-5.50009-7>
- Baux, A., Colbach, N., Allirand, J.M., Jullien, A., Ney, B., Pellet, D. (2013): Insights into temperature effects on the fatty acid composition of oilseed rape varieties. *European Journal of Agronomy*, 49: 12–19. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.03.001>
- Becker, H.C., Damgaard, C., Karlsson, B. (1992): Environmental variation for outcrossing rate in rapeseed (*Brassica napus*). *Theoretical and Applied Genetics*, 84(3-4): 303-306. <https://doi.org/10.1007/bf00229487>
- Bennett, E.J., Brignell, C.J., Carion, P.W.C., Cook, S.M., Eastmond, P.J., Teakle, G.R., ... , Wagstaff, C. (2017): Development of a Statistical Crop Model to Explain the Relationship between Seed Yield and Phenotypic Diversity within the *Brassica napus* Genepool. *Agronomy*, 7(2): 31. <https://doi.org/10.3390/agronomy7020031>
- Berry, P.M., Spink, J.H. (2009): Understanding the effect of a triazole with anti-gibberellin activity on the growth and yield of oilseed rape (*Brassica napus*). *The Journal of Agricultural Science*, 147(3): 273. <https://doi.org/10.1017/s0021859609008491>
- Bommarco, R., Marini, L., Vaissière, B.E. (2012): Insect pollination enhances seed yield, quality, and market value in oilseed rape. *Oecologia*, 169(4): 1025-1032. <https://doi.org/10.1007/s00442-012-2271-6>
- Bose, L.K., Jambhulkar, N.N., Pande, K., Singh, O.N. (2014): Use of AMMI and other stability statistics in the simultaneous selection of rice genotypes for yield and stability under direct-seeded conditions. *Chilean journal of agricultural research*, 74(1): 3-9. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392014000100001>

- Branković, G.R., Dodig, D.B., Knežević, D.S., Kandić, V.G., Pavlov, J.M (2016): Očekivana genetička dobit mase hiljadu zrna i broja zrna po klasu hlebne i durum pšenice. *Journal of Agricultural Sciences*, 61(2): 113-125. <https://doi.org/10.2298/JAS1602113B>
- Brown, J.K.M., Beeby, R., Penfield, S. (2019): Yield instability of winter oilseed rape modulated by early winter temperature. *Sci Rep* 9: 6953. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-43461-7>
- Burns, M.J., Barnes, S.R., Bowman, J.G., Clarke, M.H.E., Werner, C.P., Kearsey, M.J. (2003): QTL analysis of an intervarietal set of substitution lines in *Brassica napus*: (i) seed oil content and fatty acid composition. *Heredity*, 90(1): 39–48. <https://www.nature.com/articles/6800176>
- Campbell, L., Rempel, C.B., Wanasundara, J.P.D. (2016): Canola/Rapeseed Protein: Future Opportunities and Directions—Workshop Proceedings of IRC 2015. *Plants*, 5(2): 17. <https://doi.org/10.3390/plants5020017>
- Cartea, E., De Haro-Bailón, A., Padilla, G., Obregón-Cano, S., Del Rio-Celestino, M., Ordás, A. (2019): Seed Oil Quality of *Brassica napus* and *Brassica rapa* Germplasm from Northwestern Spain. *Foods*, 8(8): 292. <https://doi.org/10.3390/foods8080292>
- Chalhoub, B., Denoeud, F., Liu, S.Y., Parkin, I.A.P., Tang, H.B., Wang, X.Y., ... , Wincker, P. (2014): Early allopolyploid evolution in the post-Neolithic *Brassica napus* oilseed genome. *Science*, 345(6199): 950-953. <https://doi.org/10.1126/science.1253435>
- Chen, R., Shimono, A., Aono, M., Nakajima, N., Ohsawa, R., Yoshioka, Y. (2020): Genetic diversity and population structure of feral rapeseed (*Brassica napus* L.) in Japan. *Plos One*, 15(1): e0227990. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227990>
- Chrispeels, M. (1991): Sorting of proteins in the secretory system. *Annual Review of Plant Biology and Plant Molecular Biology* 42(1): 21-53. <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.42.060191.000321>
- Delourme, R., Falentin, C., Huteau, V., Clouet, V., Horvais, R., Gandon, B. (2006): Genetic control of oil content in oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 113(7): 1331–1345. <https://doi.org/10.1007/s00122-006-0386-z>
- Demurin, Y., Skoric, D., Veresbaranji, I., Jovic, S. (2000): Inheritance of increased oleic acid content in sunflower seed oil. *Helia*, 23(32): 87-92. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38534262>
- Dolde, D., Vlahakis, C., Hazebrock, J. (1999): Tocopherols in breeding lines and effects of planting location, fatty acid composition and temperature during development. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 76(3): 349-355. <https://doi.org/10.1007/s11746-999-0242-9>
- Downey, R.K., Bell, J.M. (1990): New developments in canola research. In: *Canola and rapeseed-production, chemistry, nutrition and processing technology* (ed. F. Shabidi). Springer, Boston, MA, 37-46. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-3912-4_4
- Dreccer, M.F., Fainges, J., Whish, J., Ogonnaya, F.C., Sadras, V.O., (2018): Comparison of sensitive stages of wheat, barley, canola, chickpea and field pea to temperature and water stress across Australia. *Agricultural and Forest Meteorology*, 248: 275–294. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.10.006>
- Dyer, J.M., Stymne, S., Green, A.G., Carlsson, A.S. (2008): High-value oils from plants. *The Plant Journal*, 54(4): 640–655. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2008.03430.x>
- Ecke, W., Uzunova, M., Weißleder, K. (1995): Mapping the genome of rapeseed (*Brassica napus* L.). II. Localization of genes controlling erucic acid synthesis and seed oil content. *Theoretical and Applied Genetics*, 91(6-7): 972–7. <https://doi.org/10.1007%2FBF00223908>
- Edwards, J., Hertel, K. (2011): Germination and emergence. In: *Canola Growth & Development* (ed. J. Edwards). PROCROP Series. NSW Department of Primary Industries, pp. 13-32 ISBN 9781742562124. https://www.dpi.nsw.gov.au/_data/assets/pdf_file/0004/516181/Procrop-canola-growth-and-development.pdf

- El-Beltagi, H.S., Mohamed, A.A. (2010): Variations in fatty acid composition, glucosinolate profile and some phytochemical contents in selected oil seed rape (*Brassica napus* L.) cultivars. *Grasas Y Aceites*, 61(2): 143–150. <https://doi.org/10.3989/gya.087009>
- Elliott, R.H., Franke, C., Rakow, G.F.W. (2008): Effects of seed size and seed weight on seedling establishment, vigour and tolerance of Argentine canola (*Brassica napus*) to flea beetles, *Phyllotreta* spp. *Canadian Journal of Plant Science*, 88(1): 207–217. <https://doi.org/10.4141/CJPS07059>
- Ergönül, P.G., Köseoğlu O. (2014): Changes in α -, β -, γ - and δ -tocopherol contents of mostly consumed vegetable oils during refining process, *CyTA - Journal of Food*, 12(2): 199–202, <https://doi.org/10.1080/19476337.2013.821672>
- Escalante-Estrada, J.A.S., Rodríguez-González, M.T., Escalante-Estrada, Y.I. (2016): Yield, water use efficiency in canola based on nitrogen and distance between rows. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(6): 1249-1259. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016000601249&lng=en&tlng=en
- Evans, H.M., Bishop, K S. (1922): On the existence of a hitherto unrecognized dietary factor essential for reproduction. *Science*, 56(1458): 649–651. <https://doi.org/10.1126/science.56.1458.650>
- Evers, J.B., Bastiaans, L. (2016): Quantifying the effect of crop spatial arrangement on weed suppression using functional-structural plant modelling. *Journal of Plant Research*, 129(3): 339–351. <https://doi.org/10.1007/s10265-016-0807-2>
- FAOSTAT (2020): Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). FAOSTAT Statistical Database. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>
- FDA (2018): <https://www.fda.gov/food/cfsan-constituent-updates/fda-completes-review-qualified-health-claim-petition-oleic-acid-and-risk-coronary-heart-disease> pristupano 02.02.2021.
- Fikere, M., Barbulescu, D.M., Malmberg, M.M., Maharjan, P., Salisbury, P.A., Kant, S., ... , Daetwyler, H.D. (2020): Genomic Prediction and Genetic Correlation of Agronomic, Blackleg Disease, and Seed Quality Traits in Canola (*Brassica napus* L.). *Plants*, 9(6): 719. <https://doi.org/10.3390/plants9060719>
- Flores, F., Moreno, M., Cubero, J.A. (1998): A comparison of univariate and multivariate methods to analyze G×E interaction. *Field Crops Research*, 56(3): 271–286. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(97\)00095-6](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(97)00095-6)
- Fritsche, S., Wang, X., Jung, C. (2017): Recent Advances in our Understanding of Tocopherol Biosynthesis in Plants: An Overview of Key Genes, Functions, and Breeding of Vitamin E Improved Crops. *Antioxidants*, 6: 99. <https://doi.org/10.3390/antiox6040099>
- Gauch, H.G.Jr., Moran, D.R. (2019): AMMISOFT for AMMI Analysis with Best Practices. *BioRxiv*, 1-10. <https://doi.org/10.1101/538454>
- Gauthier, M., Pellet, D., Monney, C., Herrera, J.M., Rougier, M., Baux, A. (2017): Fatty acids composition of oilseed rape genotypes as affected by solar radiation and temperature. *Field Crops Research*, 212: 165–174. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.07.013>
- Gavelienė, V., Pakalniškytė, L., Novickienė, L., Balčiauskas, L. (2018): Effect of biostimulants on cold resistance and productivity formation in winter rapeseed and winter wheat. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 57(1): 71-83. <https://doi.org/10.1515/ijafr-2018-0008>
- Gliszczynska-Swigło, A., Sikorska, E. (2004): Simple reversed-phase liquid chromatography method for determination of tocopherols in edible plant oils. *Journal of Chromatography A*, 1048(2): 195-198. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chroma.2004.07.051>
- Goffman, F.D., Becker, H.C. (1998): Phänotypische Variabilität des Gehalts und Musters der Tocopherole in den Samen von Winterraps (*Brassica napus* L.). *Vorträge Pflanzenzüchtung*, 42: 105-106.

- Goffman, F.D., Becker, H.C. (2002): Genetic variation of tocopherol content in a germplasm collection of *Brassica napus* L. *Euphytica*, 125(2): 189–196. <https://doi.org/10.1023/a:1015858618480>
- Gorlov, S., Bochkaryova, E., Gorlova, L., Serdyuk, V. (2015): High oleic rapeseed variety Amulet. *Maslichnye kultury. Nauchno-tehnichesky byulleten Vserossyskogo nauchnoissledovatel'skogo instituta maslichnykh kultur*, 2(162): 127–128.
- Grilo, E.C., Costa, P.N., Gurgel, C.S.S., Beserra, A.F.L., Almeida, FNS, Dimenstein, R. (2014): Alpha-tocopherol and gamma-tocopherol concentration in vegetable oils. *Food Science and Technology*, 34(2): 379–385. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612014005000031>
- Gu, J., Chao, H., Wang, H., Li, Y., Li, D., Xiang, J., Gan, J., Lu, G., Zhang, X., Long, Y., Li, M. (2017): Identification of the Relationship between Oil Body Morphology and Oil Content by Microstructure Comparison Combining with QTL Analysis in *Brassica napus*. *Frontiers in plant science*, 7: 1989. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01989>
- Hald, C., Dawid, C., Tressel, R., Hofmann, T. (2019): Kaempferol 3-O-(2'' -O-Sinapoyl- β -sophoroside) causes the undesired bitter taste of Canola/Rapeseed protein isolates. *Journal of agricultural and food chemistry*, 67(1), 372–378. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b06260>
- Hammac, W.A., Maaz, T.M., Koenig, R.T., Burke, I C., Pan, W.L. (2017): Water and temperature stresses impact canola (*Brassica napus* L.) fatty acid, protein, and yield over nitrogen and sulfur. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(48): 10429–10438. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b02778>
- Harker, K.N., O'Donovan, J.T., Smith, E.G., Johnson, E.N., Peng, G., Willenborg, C.J., ... , Grenkow, L.A. (2015): Seed size and seeding rate effects on canola emergence, development, yield and seed weight. *Canadian Journal of Plant Science*, 95(1): 1–8. <https://doi.org/10.4141/cjps-2014-222>
- Harker, K.N., O'Donovan, J.T., Smith, E.G., Johnson, E.N., Peng, G., Willenborg, C.J., ... , Issah, G. (2017): Canola growth, production, and quality are influenced by seed size and seeding rate. *Canadian Journal of Plant Science* 97(3): 438-448. <https://doi.org/10.1139/cjps-2016-0215>
- Harvey, B.L., Downey, R.K. (1964): The inheritance of erucic acid content in rapeseed (*Brassica napus*). *Canadian Journal of Plant Science* 44(1):104–111. <https://doi.org/10.4141/cjps64-019>
- Höglund, A.-S., Rödin, J., Larsson, E., Rask, L. (1992): Distribution of napin and cruciferin in developing rape seed embryos. *Plant Physiology*, 98(2): 509–515. <https://doi.org/10.1104/pp.98.2.509>
- Hossain, Z., Johnson, E. N., Wang, L., Blackshaw, R. E., Cutforth, H., Gan, Y. (2019): Plant establishment, yield and yield components of Brassicaceae oilseeds as potential biofuel feedstock. *Industrial Crops and Products*, 141: 111800. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111800>
- Hu, Z.Y., Hua, W., Zhang, L., Deng, L.B., Wang, X.F., Liu, G.H., Hao, W.J., Wang, H.Z. (2013): Seed structure characteristics to form ultrahigh oil content in rapeseed. *PloS One*, 8(4): e62099. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0062099>
- Hua, W., Li, R.J., Zhan, G.M., Liu, J., Li, J., Wang, X.F., Liu, G.H., Wang, H.Z. (2012): Maternal control of seed oil content in *Brassica napus* the role of silique wall photosynthesis, *The Plant Journal*, 69(3): 432–444. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2011.04802.x>
- IBM Corp. (2012): IBM SPSS Statistics for Windows, Version 21.0. Armonk, NY: IBM Corp. <https://www.ibm.com/support/pages/spss-statistics-210-available-download>
- ISO 9936 (2006): Animal and vegetable fats and oils – determination of tocopherol and tocotrienol contents by high-performance liquid chromatography. Second edition 2006-04-15. <https://www.iso.org/standard/38942.html>
- Ivanovska, S., Stojkovski, C., Dimov, Z., Marjanović Jeromela, A., Jankulovska, M., Jankuloski Lj. (2007): Interrelationship between yield and yield related traits of spring canola (*Brassica*

- napus* L.) genotypes. *Genetika*, 39(3): 325-332. http://www.dgsgenetika.org.rs/abstrakti/vol39_no3_rad5.pdf
- Jankowski, K., Budzyński, W., Symanowski, A. (2008): Effect of sulfur on the quality of winter rape seeds. *Journal of Elementology*, 13(4): 521-534. <http://agro.icm.edu.pl/agro/element/>
- Jankowski, K.J., Budzyński, W.S., Kijewski, Ł. (2015): An analysis of energy efficiency in the production of oilseed crops of the family Brassicaceae in Poland. *Energy*, 81: 674–681. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.01.012>
- Jovanović, B., Prodanović, S., Maletić, R. (1992): Estimates of environmental effects in comparative variety trails. *Review of Research Work at the Faculty of Agriculture*, 37(2): 167-172.
- Ju, J., Picinich, S.C., Yang, Z., Zhao, Y., Suh, N., Kong, A.N., Yang, C.S. (2010): Cancer-preventive activities of tocopherols and tocotrienols. *Carcinogenesis*, 31(4): 533–542. <https://doi.org/10.1093/carcin/bgp205>
- Junaid, M., Raziuddin, M., Kanwal, M., Umair, S., Ahmed, N., Ahmed, A., ... , Bano, N. (2014): Heritability (BS) and selection response estimates for yield and yield related traits in *Brassica napus* L. *Journal of Materials and Environmental Science*, 5(4): 1107-1110. https://www.jmaterenvironsci.com/Document/vol5/vol5_N4/137-JMES-793-2014-Junaid.pdf
- Kamal-Eldin, A. (2006): Effect of fatty acids and tocopherols on the oxidative stability of vegetable oils. *European Journal of Lipid Science and Technology* 108(2): 1051–1061. <https://doi.org/10.1002/ejlt.200600090>
- Keshavarz, H. (2020): Study of water deficit conditions and beneficial microbes on the oil quality and agronomic traits of canola (*Brassica napus* L.). *Grasas Aceites*, 71(3): e373. <https://doi.org/10.3989/gya.0572191>
- Khan, S., Anwar, S., Kuai, J., Noman, A., Shahid, M., Din, M., Ali, A., Zhou, G. (2018): Alteration in yield and oil quality traits of winter rapeseed by lodging at different planting density and nitrogen rates. *Scientific Reports*, 8(1): 634. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-18734-8>
- Knutsen, H.K., Alexander, J., Barregård, L., Bignami, M., Brüschweiler, B., Ceccatelli, S., ... , Vleminckx, C. (2016): Erucic acid in feed and food. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM), *EFSA Journal* 14(11): 4593. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2016.4593>
- Koprna, R., Nerušil, P., Kolovrat, O., Kučera, V., Kohoutek, A. (2006): Estimation of fatty acid content in intact seeds of oilseed rape (*Brassica napus* L.) lines using near-infrared spectroscopy. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*, 42(4):132–136. <https://doi.org/10.17221/3643-CJGPB>
- Kostadinović Veličkovska, S., Brühl, L., Mitrev, S., Mirhosseini, H., Matthäus, B. (2015): Quality evaluation of cold-pressed edible oils from Macedonia. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 117(12): 2023–2035. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201400623>
- Kozłowska-Strawska, J. (2012): Fat content and fatty acid composition in oilseed rape grown in the Lubelski region under different levels of soil sulphur fertility. *Ecological Chemistry and Engineering A*, 19(3): 191-201. [https://doi.org/10.2428/ecea.2012.19\(03\)020](https://doi.org/10.2428/ecea.2012.19(03)020)
- Kraljić, K., Stjepanović, T., Obranović, M., Pospišil, M., Balbino, S., Škevin, D. (2018): Influence of Conditioning Temperature on the Quality, Nutritional Properties and Volatile Profile of Virgin Rapeseed Oil. *Food Technology and Biotechnology*, 56(4): 562-572. <https://doi.org/10.17113/ftb.56.04.18.5738>
- Kravić, S., Suturović, Z., Švarc-Gajić, J., Stojanović, Z., Pucarević, M. (2010): Determination of trans fatty acids in foodstuffs by gas chromatography-mass spectrometry after simultaneous microwave assisted extraction-esterification. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 75(6): 803–812. <https://doi.org/10.2298/JSC090717051K>

- Lafond, G.P., Loeppky, H., Derksen, D.A. (1992): The effects of tillage systems and crop rotations on soil water conservation, seedling establishment and crop yield. *Canadian Journal of Plant Science*, 72(1): 103-115. <https://doi.org/10.4141/cjps92-011>
- Lee, D.-S., Noh, B.-S., Bae, S.-Y., Kim, K. (1998): Characterization of fatty acids composition in vegetable oils by gas chromatography and chemometrics. *Analytica Chimica Acta*, 358(2): 163–175. [https://doi.org/10.1016/s0003-2670\(97\)00574-6](https://doi.org/10.1016/s0003-2670(97)00574-6)
- Li, N., Peng, W., Shi, J., Wang, X., Liu, G., Wang, H. (2015): The Natural Variation of Seed Weight Is Mainly Controlled by Maternal Genotype in Rapeseed (*Brassica napus* L.). *PLoS One*, 10(4): e0125360. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0125360>
- Li, Y., Beisson, F., Pollard, M., Ohlrogge, J. (2006): Oil content of Arabidopsis seeds: the influence of seed anatomy, light and plant-to-plant variation. *Phytochemistry*, 67(9): 904–915. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2006.02.015>
- Li-Beisson, Y., Shorrosh, B., Beisson, F., Andersson, M. X., Arondel, V., Bates, P. D., Baud, S., ... , Ohlrogge, J. (2013): Acyl-lipid metabolism. *The arabidopsis book*. The American Society of Plant Biologists. <https://doi.org/10.1199/tab.0161>
- Liersch, A., Bocianowski, J., Nowosad, K., Mikołajczyk, K., Spasibonek, S., Wielebski, F., ... , Bartkowiak-Broda, I. (2020): Effect of Genotype × Environment Interaction for Seed Traits in Winter Oilseed Rape (*Brassica napus* L.) *Agriculture*, 10(12): 607. <https://doi.org/10.3390/agriculture10120607>
- Long, W., Hu, M., Gao, J., Chen, S., Zhang, J., Cheng, L., Pu, H. (2018): Identification and Functional Analysis of Two New Mutant *BnFAD2* Alleles That Confer Elevated Oleic Acid Content in Rapeseed. *Frontiers in genetics*, 9: 399. <https://doi.org/10.3389/fgene.2018.00399>
- Lu, G., Zhang, F., Zheng, P., Cheng, Y., Liu, F.I., Fu, G., Zhang, X. (2011): Relationship Among Yield Components and Selection Criteria for Yield Improvement in Early Rapeseed (*Brassica napus* L.). *Agricultural Sciences in China*, 10(7): 997–1003. [https://doi.org/10.1016/S1671-2927\(11\)60086-2](https://doi.org/10.1016/S1671-2927(11)60086-2)
- Łukowiak, R., Grzebisz, W. (2020): Effect of Site Specific Nitrogen Management on Seed Nitrogen - A Driving Factor of Winter Oilseed Rape (*Brassica napus* L.) Yield. *Agronomy*, 10(9): 1364. <https://doi.org/10.3390/agronomy10091364>
- Luo, X., Ding, Y., Zhang, L., Yue, Y., Snyder, J. H., Ma, C., Zhu, J. (2017a): Genomic Prediction of Genotypic Effects with Epistasis and Environment Interactions for Yield-Related Traits of Rapeseed (*Brassica napus* L.). *Frontiers in Genetics*, 8: 15. <https://doi.org/10.3389/fgene.2017.00015>
- Luo, Z., Wang, M., Long, Y., Huang, Y., Shi, L., Zhang, C., ... , Zou, J. (2017b): Incorporating pleiotropic quantitative trait loci in dissection of complex traits: seed yield in rapeseed as an example. *Theoretical and Applied Genetics*, 130(8): 1569–1585. <https://doi.org/10.1007/s00122-017-2911-7>
- Marinković, R., Marjanović Jeromela, A., Mitrović, P. (2009): Osobnosti proizvodnje ozime uljane repice (*Brassica napus* L.) / Specificities of winter rapeseed (*Brassica napus* L.) production. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo*, 46(1): 33-43. <http://fiver.ifvcns.rs/bitstream/handle/123456789/729/726.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Marinković, R., Marjanović Jeromela, A., Mitrović, P., Milovac, Ž. (2010): Rapeseed (*Brassica napus* L.) as a protein plant species. *Ratarstvo i povrtarstvo*, 47(1): 157-161. <https://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/1821-3944/2010/1821-39441001157M.pdf>
- Marjanović Jeromela, A., Marinković, R., Mijić, A., Jankulovska, M., Zdunić, Z. (2007): Interrelationship between oil yield and other quantitative traits in rapeseed (*Brassica napus* L.). *Central European Journal of Agriculture*, 8(2): 165-170. <https://core.ac.uk/download/pdf/14391068.pdf>
- Marjanović Jeromela, A., Marinković, R., Mijić, A., Jankulovska, M., Zdunić, Z., Nagl, N. (2008): Oil Yield Stability of Winter Rapeseed (*Brassica napus* L.) Genotypes. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 73(4): 217–220. <https://hrcak.srce.hr/31240>

- Marjanović Jeromela, A., Nagl, N., Gvozdanović Varga, J., Hristov, N., Kondić Špika, A., Marinković, R., Vasić M. (2011): Genotype by environment interaction for seed yield per plant in rapeseed using AMMI model. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46(2): 174-181. <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2011000200009>
- Marjanović Jeromela, A., Terzić, S., Jankulovska, M., Zorić, M., Kondić-Špika, A., Jocković, M., Hristov, N., ... , Nagl, N. (2019): Dissection of Year Related Climatic Variables and Their Effect on Winter Rapeseed (*Brassica napus* L.) Development and Yield. *Agronomy*, 9(9): 517. <https://doi.org/10.3390/agronomy9090517>
- Marquard, R. (1985): The influence of temperature and photoperiod on fat content, fatty acid composition and tocopherols of rapeseed (*Brassica napus*) and mustard species (*Sinapis alba*, *Brassica juncea*, and *Brassica nigra*). *Agrochimica*, 29(2-4): 145–153. <https://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=7999532>
- Marwede, V., Gul, M.K., Becker, H.C., Ecke, W. (2005): Mapping of QTL controlling tocopherol content in winter oilseed rape. *Plant Breeding*, 124(1): 20–26. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2004.01050.x>
- Marwede, V., Möllers, C., Becker, H.C. (2002): Untersuchungen zur genetischen Variabilität des Tocopherolgehaltes in Winterraps. Proc. XXXVII Vortragstagung der Deutschen Gesellschaft für Qualitätsforschung (DGQ) ``Qualität und Pflanzenzüchtung``, 4-5. März 2002. Hannover, 117-120.
- Marwede, V., Schierholt, A., Möllers, C., Becker, H. C. (2004): Genotype × Environment Interactions and Heritability of Tocopherol Contents in Canola. *Crop Science*, 44(3): 728. <https://doi.org/10.2135/cropsci2004.7280>
- MATLAB (2018): Version R2018a. Natick, Massachusetts: The MathWorks Inc. https://www.mathworks.com/products/new_products/release2018a.html
- Matthaeus, B., Bruehl, L. (2003): Quality of cold-pressed edible rapeseed oil in Germany. *Food/Nahrung*, 47(6): 413–419. <https://doi.org/10.1002/food.200390092>
- Matthaus, B., Özcan, M.M., Al Juhaimi F. (2016): Some rape/canola seed oils: Fatty acid composition and tocopherols. *Zeitschrift für Naturforschung C* 71(3-4): 73–77, <https://doi.org/10.1515/znc-2016-0003>
- Nagaharu, U. (1935): Genome analysis in *Brassica* with special reference to the experimental formation of *B. napus* and peculiar mode of fertilization. *Japan J. Bot*, 7: 389–452.
- Nath, U.K., Wilmer, J.A., Wallington, E.J., Becker, H.C., Möllers, C. (2009): Increasing erucic acid content through combination of endogenous low polyunsaturated fatty acids alleles with Ld-LPAAT + Bn-fae1 transgenes in rapeseed (*Brassica napus* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 118(4): 765–773. <https://doi.org/10.1007/s00122-008-0936-7>
- Novickienė, L., Gavelienė, V., Miliuvienė, L., Kazlauskienė, D., Pakalnišk, L. (2010): Comparison of winter oilseed rape varieties: cold acclimation, seed yield and quality. *Žemdirbystė=Agriculture*, 97(3): 77–86. [http://193.219.178.8/tomai/97\(3\)tomas/97_3_tomas_str8.pdf](http://193.219.178.8/tomai/97(3)tomas/97_3_tomas_str8.pdf)
- Nowosad, K., Liersch, A., Poplawska, W., Bocianowski, J. (2017): Genotype by environment interaction for oil content in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) using additive main effects and multiplicative interaction model. *Indian J. Genet. Plant Breed.*, 77: 293–297. <http://doi.org/10.5958/0975-6906.2017.00039.6>
- O’Keefe, S.F., Wiley, V.A., Knauft, D.A. (1993): Comparison of oxidative stability of high-and normal-oleic peanut oils. *Journal of the American Oil Chemists’ Society*, 70(5): 489–492. <https://doi.org/10.1007/bf02542581>
- OGTR (2017): The Biology of *Brassica napus* L. (canola) and *Brassica juncea* (L.) Czern. & Coss. (Indian mustard). OGTR - Office Of The Gene Technology Regulator, Australia, p. 29. <http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf>
- Omid, H., Tahmasebi, Z., Badi, H.A.N., Torabi, H., Miransari, M., (2010): Fatty acid composition of canola (*Brassica napus* L.) as affected by agronomical, genotypic and environmental

- parameters. *Comptes rendus biologiques*, 333(3): 248–254. <https://doi.org/10.1016/j.crvi.2009.10.001>
- Ortíz, C.M.L., Moya, M.S.P., Navarro, V.B. (2006): A rapid chromatographic method for simultaneous determination of β -sitosterol and tocopherol homologues in vegetable oils. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(2): 141–149. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2005.06.001>
- Ozer, H. (2003): The effect of plant population densities on growth, yield and yield components of two spring rapeseed cultivars. *Plant Soil and Environment*, 49(9): 422–426. <https://doi.org/10.17221/4151-PSE>
- Ozturk, F. (2019): Evaluation of three canola (*Brassica napus* L.) cultivars for yield and some quality parameters under the environmental condition of southeastern anatolia, Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17: 2167–2177. http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1702_21672177
- Perrot, T., Gaba, S., Roncoroni, M., Gautier, J.-L., Bretagnolle, V. (2018): Bees increase oilseed rape yield under real field conditions. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 266: 39–48. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.07.020>
- Petkovic, B., Przulj, N., Radic, V., Miroslavljevic M. (2017): Comparative study of seed yield and seed quality of advanced lines and commercial varieties of red clover (*Trifolium pratense* L.). *Legume Research-An International Journal.*, 40(6): 1066–1071. <https://doi.org/10.18805/LR-360>
- Pleines S., Friedt W. (1988): Breeding for improved C18 fatty acid composition in rapeseed (*Brassica napus* L.). *European Journal of Lipid Science and Technology*, 90(5): 167–171. <https://doi.org/10.1002/lipi.19880900502>
- Pritchard, F.M., Eagles, H.A., Norton, R.M., Salisbury, P.A., Nicolas, M. (2000): Environmental effects on seed composition of Victorian canola. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 40(5): 679–685. <https://doi.org/10.1071/EA99146>
- Pullens, J.W.M., Sharif, B., Trnka, M., Balek, J., Semenov, M.A., Olesen, J.E. (2019): Risk factors for European winter oilseed rape production under climate change. *Agricultural and Forest Meteorology*, 272–273: 30–39. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.03.023>
- Purchase, J.L., H. Hatting, C.S. van Deventer. (2000): Genotype \times environment interaction of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in South Africa: II. Stability analysis of yield performance. *South African Journal of Plant and Soil*, 17: 101–107. <https://doi.org/10.1080/02571862.2000.10634878>
- Qiu, D., Morgan, C., Shi, J., Long, Y., Liu, J., Li, R., ... , Bancroft, I. (2006): A comparative linkage map of oilseed rape and its use for QTL analysis of seed oil and erucic acid content. *Theoretical and Applied Genetics*, 114(1): 67–80. <https://doi.org/10.1007/s00122-006-0411-2>
- Rad, S., Zandi, P. (2012): Comparison of winter and spring rapeseed cultivars considering their oil content and fatty acid composition. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Science*, 12(6): 775–780. [http://www.idosi.org/aejaes/jaes12\(2\)12/17.pdf](http://www.idosi.org/aejaes/jaes12(2)12/17.pdf)
- Rahman, H., Harwood, J., Weselake, R. (2013): Increasing seed oil content in *Brassica* species through breeding and biotechnology. *Lipid Technology*, 25(8): 182–185. <https://doi.org/10.1002/lite.201300291>
- Rakow, G., McGregor, D.I. (1975): Oil, fatty acid and chlorophyll accumulation in developing seeds of two “linolenic-acid lines” of low erucic-acid rapeseed. *Canadian Journal of Plant Science*, 55(1): 197–204. <https://doi.org/10.4141/cjps75-029>
- Rashid, M., Hampton, J.G., Rolston, M.P., Trethewey, J.A.K., Saville, D.J. (2018): Forage rape (*Brassica napus* L.) seed quality: Impact of heat stress in the field during seed development. *Field Crops Research*, 217: 172–179. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.10.022>
- Republički zavod za statistiku (2020): Zvanična baza podataka. <https://data.stat.gov.rs/> Pristupano 02.02.2021.

- Rondanini, D.P., Gomez, N.V., Belen Agosti, M., Mirallas, D.J. (2012): Global trends of rapeseed grain yield stability and rapeseed-to-wheat yield ratio in the last four decades. *Eur. J. Agron.* 37: 56–65. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2011.10.005>
- Rupérez, F., Martín, D., Herrera, E., Barbas, C. (2001): Chromatographic analysis of α -tocopherol and related compounds in various matrices. *Journal of Chromatography A*, 935(1-2): 45-69. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(01\)01101-3](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(01)01101-3)
- Sabaghnia, N., Dehghani, H., Alizadeh, B., Mohghaddam, M. (2010): Interrelationships between seed yield and 20 related traits of 49 canola (*Brassica napus* L.) genotypes in non-stressed and water-stressed environments. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8(2): 356-370. <http://dx.doi.org/10.5424/sjar/2010082-1195>
- Sabbahi, R., de Oliveira, D., Marceau, J. (2006): Does the Honeybee (Hymenoptera: Apidae) Reduce the Blooming Period of Canola? *Journal of Agronomy and Crop Science*, 192(3): 233–237. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2006.00206.x>
- Saini, R.K., Keum, Y.S. (2016): Tocopherols and tocotrienols in plants and their products: a review on methods of extraction, chromatographic separation, and detection. *Food Research International*, 82: 59-70. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.01.025>
- Sakhno, L.O. (2010): Variability in the fatty acid composition of rapeseed oil: Classical breeding and biotechnology. *Cytology and Genetics*, 44(6): 389–397. <https://doi.org/10.3103/S0095452710060101>
- Saleem, M., Ahmad, N., Ullah, R., Ali, Z., Mahmood, S., Ali, H. (2020): Raman Spectroscopy–Based Characterization of Canola Oil. *Food Analytical Methods*, 13: 1292–1303 <https://doi.org/10.1007/s12161-020-01752-0>
- Scarth, R., McVetty, P.B.E., Stefansson, B.R. (1988): Stellar low linolenic-high linoleic acid summer rape. *Canadian Journal of Plant Science*, 68(2): 509-511. <https://doi.org/10.4141/cjps88-061>
- Schierholt, A., Becker, H.C. (2001): Environmental variability and heritability of high oleic acid content in winter oilseed rape. *Plant Breeding*, 120(1): 63–66. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0523.2001.00549.x>
- Schnurbusch, T., Möllers, C., Becker, H.C. (2000): A mutant of *Brassica napus* with increased palmitic acid content. *Plant Breeding*, 119(2): 141-144. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0523.2000.00481.x>
- Schuchardt, U., Sercheli, R., Vargas Rogério, M. (1998): Transesterification of vegetable oils: a review. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 9(3): 199–210. <https://doi.org/10.1590/S0103-50531998000300002>
- Schulte, L.R., Ballard, T., Samarakoon, T., Yao, L., Vadlani, P., Staggenborg, S., Rezac, M. (2013): Increased growing temperature reduces content of polyunsaturated fatty acids in four oilseed crops. *Industrial Crops and Products* 51: 212–219. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.08.075>
- Schumann, W. (2005): Untersuchungen zum Glucosinolatgehalt von in Deutschland erzeugten und verarbeiteten Rapssaaten und Rapsfuttermitteln. Union zur Förderung von Öl und Proteinpflanzen e.. V. Berlin UFOP-Schriften, 27: 1–69. https://www.ufop.de/files/6513/3922/6121/Glucosinolatgehalt_Heft27.pdf
- Schwartz, H., Ollilainen, V., Piironen, V., Lampi, A.-M. (2008): Tocopherol, tocotrienol and plant sterol contents of vegetable oils and industrial fats. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21(2): 152–161. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2007.07.012>
- Shafighi, A., Ardakani, M. R., Shirani Rad, A. H., Alavifazel, M., Rafiei, F. (2020): Grain yield and associated physiological traits of rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars under different planting dates and drought stress at the 3 flowering stage. *Italian Journal of Agronomy*. <https://doi.org/10.4081/ija.2020.1648>
- Sharafi, Y., Majidi, M.M., Goli, S.A.H., Rashidi, F. (2015): Oil Content and Fatty Acids Composition in *Brassica* Species, *International Journal of Food Properties*, 18(10): 2145-2154, <https://doi.org/10.1080/10942912.2014.968284>

- Sharif, B., Makowski, D., Plauborg, F., Olesen, J.E. (2017): Comparison of regression techniques to predict response of oilseed rape yield to variation in climatic conditions in Denmark. *European Journal of Agronomy*, 82: 11-20. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.09.015>
- Shi, J., Smolders, G.J.F. (2017): Sweet rapeseed protein isolate and process for obtaining it. DSM IP Assets BV. <https://patents.google.com/patent/WO2018007494A1/en> pristupano 08.01.2021.
- Shirani Rad, A.H., Bitarafan, Z., Rahmani, F., Taherkhani, T., Moradi Aghdam, A., Nasresfahani, S. (2014): Effects of planting date on spring rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars under different irrigation regimes. *Turkish Journal of Field Crops*, 19(2): 153-157. <http://www.field-crops.org/assets/pdf/product5496955d5a795.pdf>
- Shrief, S.A., Shabana, R., Ibrahim, A.F., Geisler, G. (1990): Variation in seed yield and quality characters of four spring oil rapeseed cultivars as influenced by population arrangements and densities. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 165(2-3): 103–109. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037x.1990.tb00840.x>
- Si, P., Mailer, R.J., Galwey, N., Turner, D.W. (2003): Influence of genotype and environment on oil and protein concentrations of canola (*Brassica napus* L.) grown across southern Australia. *Australian Journal of Agricultural Research*, 54(4): 397–407. <https://doi.org/10.1071/AR01203>
- Sidlauskas, G., Bernotas, S. (2003): Some factors affecting seed yield of spring oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Agronomy Research*, 1(2): 229-243. <https://agronomy.emu.ee/wp-content/uploads/2003/02/Sidlauskas.pdf#abstract-1700>
- Siger, A., Gawrysiak-Witulska, M., Bartkowiak-Broda, I. (2017): Antioxidant (Tocopherol and Canolol) Content in Rapeseed Oil Obtained from Roasted Yellow-Seeded *Brassica napus*. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 94(1): 37–46. <https://doi.org/10.1007/s11746-016-2921-7>
- Siger, A., Michalak, M., Cegielska-Taras, T., Szała, L., Lembicz, J., Nogala-Kałucka, M. (2015): Genotype and environment effects on tocopherol and plastochromanol-8 contents of winter oilseed rape doubled haploid lines derived from F1 plants of the cross between yellow and black seeds. *Industrial Crops and Products*, 65: 134–141. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.12.006>
- Simopoulos, A.P. (2006): Evolutionary aspects of diet, the omega-6/omega-3 ratio and genetic variation: nutritional implications for chronic diseases. *Biomed Pharmacother.* 60(9): 502-7. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2006.07.080>
- Singer, S.D., Weselake, R.J., Rahman, H. (2014): Development and characterization of low α -linolenic acid *Brassica oleracea* lines bearing a novel mutation in a 'class a' *FATTY ACID DESATURASE 3* gene. *BMC Genetics*, 15(1): 94. <https://doi.org/10.1186/s12863-014-0094-7>
- Singer, S.D., Zou, J., Weselake, R.J. (2016): Abiotic factors influence plant storage lipid accumulation and composition. *Plant Science*, 243: 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2015.11.003>
- Slominski, B., Evans, E., Pierce, A., Broderick, G., Zijlstra, R., Beltranna, E., Drew, M. (2015): Canola Meal Feeding Guide, 5th edition, Canola council of Canada, 1-57. www.canolacouncil.org/media/516716/2015_canola_meal_feed_industry_guide.pdf
- Somers, D.J., Friesen, K.R.D., Rakow, G. (1998): Identification of molecular markers associated with linoleic acid desaturation in *Brassica napus*. *Theoretical and Applied Genetics*, 96(6-7): 897–903. <https://doi.org/10.1007/s001220050817>
- Spasibionek, S. (2006): New mutants of winter rapeseed (*Brassica napus* L.) with changed fatty acid composition. *Plant Breeding*, 125(3): 259–267. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2006.01213.x>
- Spasibionek, S., Mikołajczyk, K., Cwiek–Kupczyńska, H., Piętka, T., Krótka, K., Matuszczak, M., ... , Bartkowiak-Broda, I. (2020): Marker assisted selection of new high oleic and low

- linolenic winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) inbred lines revealing good agricultural value. *PloS one*, 15(6): e0233959. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233959>
- Stamm, M., Ciampitti, I., Roozeboom, K., Cramer, G., Knapp, M. (2016): Factors that help determine winter survival in canola. *Agronomy eUpdate*, 599. https://webapp.agron.ksu.edu/agr_social/m_eu_article.throck?article_id=1166
- Starnes, D.E., Hamama, A.A., Bhardwaj, H.I. (1999): Canola oil yield and quality as affected by production practices in Virginia. In: *Perspectives on New Crop and New Uses*. J. Janick (Ed). ASHS Press, Alexandria; VA: 254-256. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.408.5125&rep=rep1&type=pdf>
- Szczepaniak, W., Grzebisz, W., Potarzycki, J., Łukowiak, R., Przygocka-Cyna, K. (2015): Nutritional status of winter oilseed rape in cardinal stages of growth as the yield indicator. *Plant Soil and Environment*, 61(7): 291-296. <https://doi.org/10.17221/150/2015-PSE>
- Szymańska, R., Nowicka, B., Trela, A., Kruk, J. (2020): Chapter 4 - Vitamin E: structure and forms, Ed: Patel, V.B., *Molecular Nutrition*, Academic Press, 67-90. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811907-5.00021-X>
- Takashima, N.E., Rondanini, D.P., Puhl, L.E., Miralles, D.J. (2013): Environmental factors affecting yield variability in spring and winter rapeseed genotypes in the southeastern Argentine Pampas *European Journal of Agronomy*, 48: 88-100. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.01.008>
- Tan, S.H., Mailer, R.J., Blanchard, C.L., Agboola, S.O. (2010): Canola Proteins for Human Consumption: Extraction, Profile, and Functional Properties. *Journal of Food Science*, 76(1): R16-R28. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01930.x>
- Teh, L., Möllers, C. (2016): Genetic variation and inheritance of phytosterol and oil content in a doubled haploid population derived from the winter oilseed rape Sansibar × Oase cross. *Theoretical and Applied Genetics* 129: 181–199. <https://doi.org/10.1007/s00122-015-2621-y>
- Tetteh, E.T., de Koff, J.P., Pokharel, B., Link, R., Robbins, C. (2019): Effect of Winter Canola Cultivar on Seed Yield, Oil, and Protein Content. *Agronomy Journal*, 111(6): 2811-2820. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.08.0494>
- Thies, W. (1994): Die wertbestimmenden Komponenten des Rapsschrotes. *Vortr Pflanzenzüchtg* 30: 89-97.
- Tian, C., Zhou, X., Liu, Q., Peng, J., Zhang, Z., Song, H., ... , Abou-Elwafa, S. (2020): Increasing yield, quality and economic profits of winter oilseed rape under combined fertilizing levels and planting densities. *Crop and Pasture Science*, 71(12): 1010-1019. <https://doi.org/10.1071/CP20328>
- Tian, E., Liang, H., Wang, J., Guo, J., Cao, H., Lin, S. (2018): Variation and Correlation of Erucic Acid, Oleic Acid and Glucosinolate Contents in *Brassica rapa* Seeds. *Asian Agricultural Research*, 10(6): 52-55. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.279503>
- Van Hoed, V., Ali, C.B., Slah, M., Verhé, R. (2010): Quality differences between pre-pressed and solvent extracted rapeseed oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 112(11): 1241–1247. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201000053>
- Velišek, J. (2014): *The Chemistry of Food*. 1st ed. Chichester, UK: Wiley-Blackwell, 1124 p. ISBN: 978-1-118-38381-0. <https://www.wiley.com/en-us/The+Chemistry+of+Food-p-9781118384961>
- Verdejo, J., Calderini, D.F. (2020): Plasticity of seed weight in winter and spring rapeseed is higher in a narrow but different window after flowering. *Field Crops Research*, 250: 107777. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107777>
- Vetter, W., Darwisch, V., Lehnert, K. (2020): Erucic acid in Brassicaceae and salmon – An evaluation of the new proposed limits of erucic acid in food. *NFS Journal* 19: 9–15. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2020.03.002>
- Vingering, N., Oseredczuk, M., du Chaffaut, L., Ireland, J., Ledoux, M. (2010): Fatty acid composition of commercial vegetable oils from the French market analysed using a long

- highly polar column. Oilseeds and fats, *Crops and Lipids*, 17(3): 185–192. <http://dx.doi.org/10.1051/ocl.2010.0309>
- Vujaković, M., Marjanović Jeromela, A., Jovičić, D., Lečić, N., Marinković, R., Jakovljević, N., Mehandžić Stanišić S. (2014): Effect of plant density on seed quality and yield of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Journal on Processing and Energy in Agriculture*, 18(2): 73-76. <https://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/1821-4487/2014/1821-44871402073V.pdf>
- Vujaković, M., Marjanović Jeromela, A., Jovičić, D., Marinković, R., Nikolić, Z., Crnobarac, J., Taški-Ajduković, K. (2010): Uticaj prihrane na prinos i komponente kvaliteta semena uljane repice. *Ratarstvo i povrtarstvo*, 47: 539-544. <https://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/1821-3944/2010/1821-39441002539V.pdf>
- Vujaković, M., Marjanović Jeromela, A., Jovičić, D., Marinković, R. (2015): Dependence of Rapeseed Quality and Yield on Density, Variety and Year of Production. *Ratarstvo i povrtarstvo*, 52(2): 61-66. <https://doi.org/10.5937/ratpov52-7188>
- Wallert, M., Schmölz, L., Galli, F., Birringer, M., & Lorkowski, S. (2014): Regulatory metabolites of vitamin E and their putative relevance for atherogenesis. *Redox biology*, 2: 495–503. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2014.02.002>
- Wanasundara, J.P.D. (2011): Proteins of Brassicaceae oilseeds and their potential as a plant protein source. *Critical reviews in food science and nutrition*, 51(7): 635–677. <https://doi.org/10.1080/10408391003749942>
- Wanasundara, J.P.D., McIntosh, T.C., Perera, S.P., Withana-Gamage, T.S., Mitra, P. (2016): Canola/rapeseed protein-functionality and nutrition. *OCL* 23(4): D407. <https://doi.org/10.1051/ocl/2016028>
- Wang, X., Zhang, C., Li, L., Fritsche, S., Endrigkeit, J., Zhang, W., ... , Meng, J. (2012): Unraveling the genetic basis of seed tocopherol content and composition in rapeseed (*Brassica napus* L.). *PLoS one*, 7(11), 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0050038>
- Webber, H., Ewert, F., Olesen, J.E., Müller, C., Fronzek, S., Ruane, A.C., ... , Wallach, D. (2018): Diverging importance of drought stress for maize and winter wheat in Europe. *Nature Communications*, 9(1): 4249. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-06525-2>
- Weber, W.E., Wricke, G. (1990): Genotype-environment interaction and its implications in plant breeding. In: *Genotype-by-environment interaction and plant breeding* (ed. M.S. Kang). Louisiana State University Agricultural Center, Baton Rouge.
- Weymann, W., Böttcher, U., Sieling, K., Kage, H. (2015): Effects of weather conditions during different growth phases on yield formation of winter oilseed rape. *Field Crops Research*, 173: 41–48. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.01.002>
- Wu, J.-G., Shi, C.-H., Zhang, H.-Z. (2006): Partitioning genetic effects due to embryo, cytoplasm and maternal parent for oil content in oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Genetics and Molecular Biology*, 29(3): 533-538. <https://doi.org/10.1590/S1415-47572006000300023>
- Wu, Y., Zhou, R., Wang, Z., Wang, B., Yang, Y., Ju, X., He, R. (2019): The effect of refining process on the physicochemical properties and micronutrients of rapeseed oils. *PLoS one*, 14(3): e0212879. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212879>
- Xu, J., Nwafor, C.C., Shah, N., Zhou, Y., Zhang, C. (2019): Identification of genetic variation in *Brassica napus* seeds for tocopherol content and composition using near-infrared spectroscopy technique. *Plant Breeding*, 138(5): 624– 634. <https://doi.org/10.1111/pbr.12708>
- Yan, W. (2001): GGE biplot – A Windows Application for Graphical Analysis of Multienvironment Trial Data and Other Types of Two-Way Data. *Agronomy Journal*, 93(5): 1111-1118. <https://doi.org/10.2134/agronj2001.9351111x>
- Yang, C., Gan, Y., Harker, K. N., Kutcher, H. R., Gulden, R., Irvine, B., May, W. E. (2014): Up to 32 % yield increase with optimized spatial patterns of canola plant establishment in western Canada. *Agronomy for Sustainable Development*, 34(4): 793–801. <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0218-5>

- Yang, Q., Fan, C., Guo, Z., Qin, J., Wu, J., Li, Q., Fu, T., Zhou, Y. (2012): Identification of FAD2 and FAD3 genes in *Brassica napus* genome and development of allele-specific markers for high oleic and low linolenic acid contents. *Theoretical and Applied Genetics*, 125(4): 715–729. <https://doi.org/10.1007/s00122-012-1863-1>
- Yaniv, Z., Schafferman, D., Zur, M. (1995): The effect of temperature on oil quality and yield parameters of high- and low-erucic acid Cruciferae seeds (rape and mustard). *Industrial Crops and Products*, 3(4): 247–251. [https://doi.org/10.1016/0926-6690\(94\)00041-v](https://doi.org/10.1016/0926-6690(94)00041-v)
- Zhang, Y., Liu, Q., Rempel, C. (2018): Processing and characteristics of canola protein-based biodegradable packaging: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(3): 475–485. <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1193463>
- Zhao, J., Becker, H.C., Zhang, D., Zhang, Y., Ecke, W. (2006): Conditional QTL mapping of oil content in rapeseed with respect to protein content and traits related to plant development and grain yield. *Theor Appl Genetics*, 113(1): 33–8. <https://doi.org/10.1007/s00122-006-0267-5>
- Zhao, J., Dimov, Z., Becker, H.C., Ecke, W., Möllers, C. (2008): Mapping QTL controlling fatty acid composition in a doubled haploid rapeseed population segregating for oil content. *Molecular Breeding*, 21(1): 115–25. <https://doi.org/10.1007/s11032-007-9113-y>

PRILOG 1

Tabela 43. Deskriptivna statistika analiziranih osobina prinosa i kvaliteta uljane repice

Osobina	Srednja vrednost	Min	Max	Opseg	SD	CV (%)
SU (%)	44.42	39.33	50.12	10.79	1.29	2.90
PU (kg/ha)	967.64	249.33	1680.00	1430.67	155.68	18.59
SP (%)	21.02	16.70	24.63	7.93	1.02	4.95
PP (kg/ha)	444.77	124.33	686.33	562	70.91	17.73
PS (kg/ha)	2149.36	585.67	3619.67	3034	341.32	17.99
MHS (g)	4.28	3.38	5.72	2.34	0.29	6.78
C18:1 (%)	58.60	33.53	64.56	31.03	4.62	7.91
C18:2 (%)	20.10	15.75	22.88	7.13	1.13	5.63
C18:3 (%)	11.46	9.31	13.55	4.24	0.59	5.17
C16:0 (%)	4.15	3.34	4.95	1.61	0.22	5.29
C18:0 (%)	1.55	0.63	2.11	1.48	0.17	12.14
C22:1 (%)	1.23	0.07	17.41	17.34	2.54	207.29
α -T (mg/kg)	166.41	121.83	233.88	112.05	19.96	12.68
γ -T (mg/kg)	291.60	204.87	369.42	164.55	21.89	7.70
ukupni-T (mg/kg)	458.01	341.21	572.28	231.07	33.12	7.50

SD standardna devijacija, CV koeficijent varijacije, SU sadržaj ulja, PU prinos ulja, SP sadržaj proteina, PP prinos proteina, PS prinos semena, MHS masa 1000 semena, α -T alfa tokoferol, γ -T gama tokoferol, ukupni-T ukupni tokoferoli

GRAFIKONI

- Grafikon 1. Udeo regiona u proizvodnji uljane repice u periodu 2008–2018. (FAOSTAT, 2020). 4
- Grafikon 2. Deset najvećih proizvođača uljane repice na osnovu prosečne godišnje proizvodnje u milionima tona za period 2008–2018. (FAOSTAT, 2020) 4
- Grafikon 3. Prikaz prosečnih mesečnih temperatura i višegodišnjeg proseka (VP) tokom perioda 2014–2018..... 25
- Grafikon 4. Prikaz prosečnih mesečnih padavina i višegodišnjeg proseka (VP) tokom perioda 2014–2018..... 26
- Grafikon 5. Kutijasti dijagram za prinos semena uljane repice u periodu 2015–2018. 31
- Grafikon 6. Kutijasti dijagram za prinos ulja uljane repice u periodu 2015–2018. 33
- Grafikon 7. Kutijasti dijagram za prinos proteina uljane repice u periodu 2015–2018. 35
- Grafikon 8. Kutijasti dijagram za masu 1000 semena uljane repice u periodu 2015–2018..... 37
- Grafikon 9. Kutijasti dijagram za sadržaj ulja uljane repice u periodu 2015–2018..... 39
- Grafikon 10. Kutijasti dijagram za sadržaj proteina uljane repice u periodu 2015–2018..... 41
- Grafikon 11. Kutijasti dijagram za sadržaj oleinske kiseline u ulju uljane repice u periodu 2015–2018..... 44
- Grafikon 12. Kutijasti dijagram za sadržaj linolne kiseline u ulju uljane repice u periodu 2015–2018..... 46
- Grafikon 13. Kutijasti dijagram za sadržaj linolenske kiseline u ulju uljane repice u periodu 2015–2018..... 48
- Grafikon 14. Kutijasti dijagram za sadržaj palmitinske kiseline u ulju uljane repice u periodu 2015–2018..... 50
- Grafikon 15. Kutijasti dijagram za sadržaj stearinske kiseline u ulju uljane repice u periodu 2015–2018..... 52
- Grafikon 16. Kutijasti dijagram za sadržaj eruka kiseline u ulju uljane repice u periodu 2015–2018. 54
- Grafikon 17. Kutijasti dijagram za sadržaj α -tokoferola u ulju uljane repice u periodu 2015–2018. 61
- Grafikon 18. Kutijasti dijagram za sadržaj γ -tokoferola u ulju uljane repice u periodu 2015–2018. 64
- Grafikon 19. Kutijasti dijagram za sadržaj ukupnih tokoferola u ulju uljane repice u periodu 2015–2018..... 66
- Grafikon 20. AMMI1 biplot za prvu komponentu interakcije (IPC1) i prosečan prinos semena (t/ha), u ogledu sa 40 genotipova tokom četiri godine..... 71
- Grafikon 21. AMMI2 biplot za prinos semena definisan sa prve dve glavne komponente..... 71
- Grafikon 22 AMMI1 biplot za prvu komponentu interakcije (IPC1) i prosečan prinos ulja (kg/ha) u ogledu sa 40 genotipova tokom četiri godine..... 73
- Grafikon 23. AMMI2 biplot za prinos ulja definisan sa prve dve glavne komponente..... 73
- Grafikon 24. AMMI1 biplot za prvu komponentu interakcije (IPC1) i prosečan prinos proteina (kg/ha), u ogledu sa 40 genotipova tokom četiri godine..... 75
- Grafikon 25. AMMI2 biplot za prinos proteina definisan sa prve dve glavne komponente..... 75
- Grafikon 26. AMMI1 biplot za prvu komponentu interakcije (IPC1) i prosečnu masu 1000 semena (g), u ogledu sa 40 genotipova tokom četiri godine..... 77
- Grafikon 27. AMMI2 biplot za masu 1000 semena definisan sa prve dve glavne komponente ... 77
- Grafikon 28. AMMI1 biplot za prvu komponentu interakcije (IPC1) i prosečan sadržaj ulja (%) u ogledu sa 40 genotipova tokom četiri godine..... 79
- Grafikon 29. AMMI2 biplot za sadržaj ulja definisan sa prve dve glavne komponente..... 80
- Grafikon 30. AMMI1 biplot za prvu komponentu interakcije (IPC1) i prosečan sadržaj proteina (%), u ogledu sa 40 genotipova tokom četiri godine..... 82
- Grafikon 31. AMMI2 biplot za sadržaj proteina definisan sa prve dve glavne komponente 82

○ Grafikon 32. AMMI1 biplot za prvu komponentu interakcije (IPC1) i prosečan sadržaj oleinske kiseline (%), u ogledu sa 40 genotipova tokom četiri godine	84
○ Grafikon 33. AMMI2 biplot za sadržaj oleinske kiseline definisan sa prve dve glavne komponente	84
○ Grafikon 34. AMMI1 biplot za prvu komponentu interakcije (IPC1) i prosečan sadržaj linolne kiseline (%), u ogledu sa 40 genotipova tokom četiri godine	85
○ Grafikon 35. AMMI2 biplot za sadržaj linolne kiseline definisan sa prve dve glavne komponente	86
○ Grafikon 36. AMMI1 biplot za prvu komponentu interakcije (IPC1) i prosečan sadržaj linolenske kiseline (%), u ogledu sa 40 genotipova tokom četiri godine	87
○ Grafikon 37. AMMI2 biplot za sadržaj linolenske kiseline definisan sa prve dve glavne komponente	87
○ Grafikon 38. AMMI1 biplot za prvu komponentu interakcije (IPC1) i prosečan sadržaj palmitinske kiseline (%), u ogledu sa 40 genotipova tokom četiri godine	88
○ Grafikon 39. AMMI2 biplot za sadržaj palmitinske kiseline definisan sa prve dve glavne komponente	89
○ Grafikon 40. AMMI1 biplot za prvu komponentu interakcije (IPC1) i prosečan sadržaj stearinske kiseline (%), u ogledu sa 40 genotipova tokom četiri godine	90
○ Grafikon 41. AMMI2 biplot za sadržaj stearinske kiseline definisan sa prve dve glavne komponente	90
○ Grafikon 42. AMMI1 biplot za prvu komponentu interakcije (IPC1) i prosečan sadržaj eruka kiseline (%), u ogledu sa 40 genotipova tokom četiri godine	91
○ Grafikon 43. AMMI2 biplot za sadržaj eruka kiseline definisan sa prve dve glavne komponente	92
○ Grafikon 44. Klaster dijagram za parametre prinosa i sadržaj ulja i proteina 40 genotipova u periodu 2015–2018. godine (OC sadržaj ulja, OY prinos ulja, Y prinos semena, PY prinos proteina, TSW masa 1000 semena, PC sadržaj proteina)	102
○ Grafikon 45. Klaster dijagram masno-kiselinskog sastava 40 genotipova tokom četiri godine ..	103

SLIKE

○ Slika 1. Klasifikacija uljane repice	1
○ Slika 2. U trougao prikazuje poreklo genoma šest vrsta roda <i>Brassica</i> (Nagaharu, 1935)	2
○ Slika 3. Hemijska struktura različitih formi tokoferola i tokotrienola	15
○ Slika 4. Transesterifikacija ulja (Schuchardt et al., 1998)	27

TABELE

○ Tabela 1. Proizvodnja uljane repice u svetu 2015–2018 (izvor FAOSTAT, 2020)	5
○ Tabela 2. Proizvodnja uljane repice u EU 2015–2018. (izvor FAOSTAT, 2020)	5
○ Tabela 3. Proizvodnja uljane repice u Srbiji 2015–2018 (izvor FAOSTAT, 2020)	5
○ Tabela 4. Masno kiselinski sastav ulja uljane repice	11
○ Tabela 5. Ispitivani genotipovi uljane repice	23
○ Tabela 6. Datumi setve i žetve	24
○ Tabela 7. Genotipske vrednosti prinosa semena (kg) od 2015–2018. godine sa prosecima za svaki genotip i godinu	32
○ Tabela 8. Genotipske vrednosti prinosa ulja (kg/ha) od 2015–2018. godine sa prosecima za svaki genotip i godinu	34
○ Tabela 9. Genotipske vrednosti prinosa proteina (kg/ha) od 2015–2018. godine sa prosecima za svaki genotip i godinu	36
○ Tabela 10. Genotipske vrednosti mase 1000 semena (g) od 2015–2018. godine sa prosecima za svaki genotip i godinu	38

○ Tabela 11. Genotipske vrednosti sadržaja ulja (% s. m.) od 2015–2018. godine sa prosecima za svaki genotip i godinu	40
○ Tabela 12. Genotipske vrednosti sadržaja proteina (% s.m.) od 2015–2018. godine sa prosecima za svaki genotip i godinu	43
○ Tabela 13. Genotipske vrednosti sadržaja oleinske kiseline (%) u ulju 40 genotipova uljane repice od 2015–2018. godine	45
○ Tabela 14. Genotipske vrednosti sadržaja linolne kiseline (%) u ulju 40 genotipova uljane repice od 2015–2018. godine	47
○ Tabela 15. Genotipske vrednosti sadržaja linolenske kiseline (%) u ulju 40 genotipova uljane repice od 2015–2018. godine	49
○ Tabela 16. Genotipske vrednosti sadržaja palmitinske kiseline (%) u ulju 40 genotipova uljane repice od 2015–2018. godine	51
○ Tabela 17. Genotipske vrednosti sadržaja stearinske kiseline (%) u ulju 40 genotipova uljane repice od 2015–2018. godine	53
○ Tabela 18. Genotipske vrednosti sadržaja eruka kiseline (%) u ulju 40 genotipova uljane repice od 2015–2018. godine	55
○ Tabela 19. Genotipske vrednosti sadržaja ukupnih zasićenih i nezasićenih masnih kiselina (%) 40 genotipova uljane repice u 2015. godini	57
○ Tabela 20. Genotipske vrednosti sadržaja ukupnih zasićenih i nezasićenih masnih kiselina (%) 40 genotipova uljane repice u 2016. godini	58
○ Tabela 21. Genotipske vrednosti sadržaja ukupnih zasićenih i nezasićenih masnih kiselina (%) 40 genotipova uljane repice u 2017. godini	59
○ Tabela 22. Genotipske vrednosti sadržaja ukupnih zasićenih i nezasićenih masnih kiselina (%) 40 genotipova uljane repice u 2018. godini	60
○ Tabela 23. Analiza varijanse α -tokoferola tokom četiri godine u ogledu sa 40 genotipova	61
○ Tabela 24. Genotipske vrednosti sadržaja α -tokoferola (mg/kg) od 2015–2018. godine sa prosecima za svaki genotip i godinu	62
○ Tabela 25. Analiza varijanse γ -tokoferola tokom četiri godine u ogledu sa 40 genotipova	63
○ Tabela 26. Genotipske vrednosti sadržaja γ -tokoferola (mg/kg) od 2015–2018. godine sa prosecima za svaki genotip i godinu	65
○ Tabela 27. Analiza varijanse ukupnih tokoferola tokom četiri godine u ogledu sa 40 genotipova	66
○ Tabela 28. Genotipske vrednosti sadržaja ukupnih tokoferola od 2015–2018. godine sa prosecima za svaki genotip i godinu	67
○ Tabela 29. Komponente varijanse i heritabilnost u širem smislu za parametre prinosa	68
○ Tabela 30. Komponente varijanse i heritabilnost u širem smislu za sadržaj masnih kiselina i tokoferola	69
○ Tabela 31. Analiza varijanse AMMI modela za prinos tokom četiri godine u ogledu sa 40 genotipova	70
○ Tabela 32. Analiza varijanse AMMI modela za prinos ulja tokom četiri godine u ogledu sa 40 genotipova	72
○ Tabela 33. Analiza varijanse AMMI modela za prinos proteina tokom četiri godine u ogledu sa 40 genotipova	74
○ Tabela 34. Analiza varijanse AMMI modela za masu 1000 semena tokom četiri godine u ogledu sa 40 genotipova	76
○ Tabela 35. Analiza varijanse AMMI modela za sadržaj ulja tokom četiri godine u ogledu sa 40 genotipova	79
○ Tabela 36. Analiza varijanse AMMI modela za sadržaj proteina tokom četiri godine u ogledu sa 40 genotipova	81
○ Tabela 37. Analiza varijanse AMMI modela za masno-kiselinski sastav 40 genotipova uljane repice tokom četiri godine	83
○ Tabela 38. Rangiranje 40 genotipova uljane repice po prinosu semena na osnovu većeg broja pokazatelja stabilnosti	94

○ Tabela 39. Rangiranje 40 genotipova uljane repice po prinosu ulja na osnovu većeg broja pokazatelja stabilnosti	95
○ Tabela 40. Rangiranje 40 genotipova uljane repice po sadržaju ulja na osnovu većeg broja pokazatelja stabilnosti	97
○ Tabela 41. Korelaciona matrica ¹ parametara prinosa 40 genotipova uljane repice u periodu 2015–2018.....	98
○ Tabela 42. Korelaciona matrica ¹ parametara kvaliteta semena 40 genotipova uljane repice u periodu 2015–2018.....	100
○ Tabela 43. Deskriptivna statistika analiziranih osobina prinosa i kvaliteta uljane repice.....	120

BIOGRAFIJA

Dragana Dragoljub Rajković (rođ. Đukić), master biolog, rođena je 1985. u Novom Sadu. Nakon gimnazije J. J. Zmaj 2004. upisuje Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Novom Sadu, smer Diplomirani biolog-molekularni biolog. Prosek ocena na osnovnim studijama je bio 9.34. Dobitnik je nagrade fonda Goran Ljubijankić za najbolji diplomski rad „*Uticaj imobilizacionog stresa na nivo ekspresije steroidogenih gena pacova*“ koji je odbranila 2009. Više puta je nagrađivana fakultetskom nagradom za visok prosek tokom školske 2004/05, 2005/06, 2006/07. Bila je stipendista Ministarstva prosvete i sporta 2005–2008. Prosek ocena na master studijama je bio 9.47. Master rad „*Delovanje ekstrakata lignikolnih makrogljiva na DNK mikroorganizama*“ je odbranila 2010. sa ocenom 10. Dragana je bila stipendista Fonda za mlade talente, nemačke službe za akademsku razmenu (DAAD), Fondacije dr Zoran Đinđić i nemačke privrede. Nakon završetka studija, stručnu praksu u trajanju od pola godine je obavila na IASP institutu Humbolt Univerziteta u Berlinu, Nemačka.

Doktorske akademske studije na modulu Ratarstvo i povrtarstvo, Poljoprivrednog fakulteta, Univerziteta u Beogradu je upisala 2012. Dragana Rajković je položila sve ispite predviđene studijskim programom, sa prosečnom ocenom 8.75 i stekla 150 ESPB. Od 2012. je zaposlena na Institutu za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu. Obavlja poslove istraživača saradnika na Departmanu za genetiku i oplemenjivanje biljaka. Trenutno je angažovana na dva međunarodna projekta. Tokom 2019. je bila na tronedeljnom kursu *Plant breeding course* na Univerzitetu u Landžou, NR Kina.

Koautor je 9 naučnih radova i 18 saopštenja sa domaćih i međunarodnih naučnih skupova. Udata je i majka dvoje dece. Govori engleski, nemački, portugalski, francuski i kineski jezik.

Izjava o autorstvu

Ime i prezime autora Dragana D. Rajković
Broj indeksa 12/15

Izjavljujem

da je doktorska disertacija pod naslovom:

Uticao genotipa, spoljne sredine i njihove interakcije na

prinos i kvalitet semena uljane repice

- rezultat sopstvenog istraživačkog rada,
- da disertacija u celini ni u delovima nije bila predložena za sticanje druge diplome prema studijskim programima drugih visokoškolskih ustanova;
- da su rezultati korektno navedeni i
- da nisam kršila autorska prava i koristila intelektualnu svojinu drugih lica.

Potpis autora

U Beogradu, 08. 04. 2021.



Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada

Ime i prezime autora Dragana D. Rajković

Broj indeksa 12/15

Studijski program Poljoprivredne nauke, modul: Ratarstvo i povrtarstvo

Naslov rada Uticaj genotipa, spoljne sredine i njihove interakcije na prinos i kvalitet semena uljane repice

Mentor dr Slaven Prodanović, redovni profesor

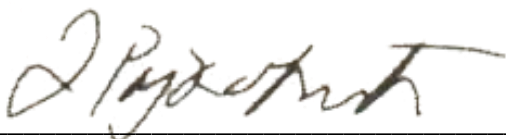
Izjavljujem da je štampana verzija mog doktorskog rada istovetna elektronskoj verziji koju sam predala radi pohranjivanja u **Digitalnom repozitorijumu Univerziteta u Beogradu.**

Dozvoljavam da se objave moji lični podaci vezani za dobijanje akademskog naziva doktora nauka, kao što su ime i prezime, godina i mesto rođenja i datum odbrane rada.

Ovi lični podaci mogu se objaviti na mrežnim stranicama digitalne biblioteke, u elektronskom katalogu i u publikacijama Univerziteta u Beogradu.

Potpis autora

U Beogradu, 08. 04. 2021.



Izjava o korišćenju

Ovlašćujem Univerzitetsku biblioteku „Svetozar Marković“ da u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu unese moju doktorsku disertaciju pod naslovom:

Uticaj genotipa, spoljne sredine i njihove interakcije na prinos i kvalitet semena uljane repice

koja je moje autorsko delo.

Disertaciju sa svim priložima predala sam u elektronskom formatu pogodnom za trajno arhiviranje.

Moju doktorsku disertaciju pohranjenu u Digitalnom repozitorijumu Univerziteta u Beogradu mogu da koriste svi koji poštuju odredbe sadržane u odabranom tipu licence Kreativne zajednice (Creative Commons) za koju sam se odlučila.

1. Autorstvo (CC BY)

2. Autorstvo – nekomercijalno (CC BY-NC)

3. **Autorstvo – nekomercijalno – bez prerade** (CC BY-NC-ND)

4. Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima (CC BY-NC-SA)

5. Autorstvo – bez prerade (CC BY-ND)


6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima (CC BY-SA)

(Molimo da zaokružite samo jednu od šest ponuđenih licenci.

Kratak opis licenci je sastavni deo ove izjave).

Potpis doktoranta

U Beogradu, 08. 04. 2021.



1. **Autorstvo.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence, čak i u komercijalne svrhe. Ovo je najslobodnija od svih licenci.

2. **Autorstvo – nekomercijalno.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.

3. **Autorstvo – nekomercijalno – bez prerada.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela. U odnosu na sve ostale licence, ovom licencom se ograničava najveći obim prava korišćenja dela.

4. **Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada.

5. **Autorstvo – bez prerada.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.

6. **Autorstvo – deliti pod istim uslovima.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada. Slična je softverskim licencama, odnosno licencama otvorenog koda.