

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Marko Ivić, mag. educ. chem.

**ANALIZA USVAJANJA I UČINKOVITOSTI PRIMJENE DUŠIKA
(NUE) U OVISNOSTI O RAZINI DUŠIKA, AGROEKOLOŠKIM
UVJETIMA I GENOTIPU PŠENICE**

DOKTORSKI RAD

Osijek, 2026.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Marko Ivić, mag. educ. chem.

**ANALIZA USVAJANJA I UČINKOVITOSTI PRIMJENE DUŠIKA
(NUE) U OVISNOSTI O RAZINI DUŠIKA, AGROEKOLOŠKIM
UVJETIMA I GENOTIPU PŠENICE**

- Doktorski rad -

Osijek, 2026.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Marko Ivić, mag.educ.chem.

**ANALIZA USVAJANJA I UČINKOVITOSTI PRIMJENE DUŠIKA
(NUE) U OVISNOSTI O RAZINI DUŠIKA, AGROEKOLOŠKIM
UVJETIMA I GENOTIPU PŠENICE**

- Doktorski rad -

Mentor: prof. dr. sc. Brigita Popović, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Povjerenstvo za ocjenu:

- 1. dr. sc. Zdenko Lončarić, redoviti profesor Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, predsjednik**
- 2. dr. sc. Andrijana Rebekić, redovita profesorica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, član**
- 3. dr. sc. Boris Lazarević, izvanredni profesor Agronomskog fakulteta u Zagrebu, član**

Osijek, 2026.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Marko Ivić, mag.educ.chem.

**ANALIZA USVAJANJA I UČINKOVITOSTI PRIMJENE DUŠIKA
(NUE) U OVISNOSTI O RAZINI DUŠIKA, AGROEKOLOŠKIM
UVJETIMA I GENOTIPU PŠENICE**

- Doktorski rad -

Mentor: prof. dr. sc. Brigita Popović, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

**Javna obrana doktorske disertacije održana je 27.3.2026. godine pred
Povjerenstvom za obranu:**

- 1. dr. sc. Zdenko Lončarić, redoviti profesor Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, predsjednik**
- 2. dr. sc. Andrijana Rebekić, redovita profesorica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, član**
- 3. dr. sc. Boris Lazarević, izvanredni profesor Agronomskog fakulteta u Zagrebu, član**

Osijek, 2026.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Doktorski rad

Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Doktorski studij: Poljoprivredne znanosti

Smjer: Agrokemija

UDK:

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti

Znanstveno polje: Poljoprivreda

Analiza usvajanja i učinkovitosti primjene dušika (NUE) u ovisnosti o razini dušika, agroekološkim uvjetima i genotipu pšenice

Marko Ivić, mag.educ.chem.

Doktorski rad izrađen je na Sveučilištu Josipa Jurja Strossmayera, Fakultetu agrobiotehničkih znanosti Osijek

Mentor: prof. dr. sc. Brigita Popović, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Korištenje dušičnih mineralnih gnojiva omogućilo je povećanje prinosa kod ratarskih kultura, no većina dušičnih gnojiva gubi se iz tla što predstavlja značajan ekološki i ekonomski problem. Zbog toga se razvijaju strategije kako poboljšati učinkovitost korištenja mineralnih gnojiva naročito dušika. Glavni ciljevi ovoga istraživanja bili su utvrditi kako primjena dušičnih gnojiva utječe na agronomska svojstva različitih genotipova pšenice i na učinkovitost korištenja dušika (NUE) te odrediti genotipove s najvećim NUE, odrediti komponente varijance i heritabilnosti za prinos i NUE pri visokoj i niskoj razini opskrbljenosti dušikom, identificirati odnos između NUE i njegovih komponenti te na kraju utvrditi korelaciju između indeksa stresa i prinosa te sadržaja proteina u uvjetima visoke i niske opskrbljenosti dušikom te odrediti najtolerantnije genotipove pšenice s obzirom na navedena svojstva. U ovom istraživanju korišteno je 48 genotipova ozime pšenice različitih zemalja podrijetla i godina priznavanja. Poljski pokus postavljen je tijekom dvije vegetacijske sezone na tri lokacije pri dvije razine gnojidbe dušikom. Rezultati su pokazali da gnojidba značajno utječe na povećanje prinosa, sadržaja proteina u zrnu te sadržaja dušika dostupnog pšenici, dok na učinkovitost korištenja i iskorištenja dušika gnojidba nije imala pozitivan utjecaj. U istraživanju je također utvrđeno da genotipovi i okolina te njihove interakcije imaju različite utjecaje na agronomska svojstva te da se kombinacijom različitih indeksa stresa mogu identificirati genotipovi otporni na reduciranu količinu dušika.

Broj stranica: 133

Broj slika: 4

Broj tablica: 17

Broj literaturnih navoda: 118

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: ozima pšenica, učinkovitost korištenja dušika, indeksi stresa

Datum obrane:

Povjerenstvo za obranu:

1. dr. sc. Zdenko Lončarić, redoviti profesor Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, predsjednik
2. dr. sc. Andrijana Rebecić, redovita profesorica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, član
3. dr. sc. Boris Lazarević, izvanredni profesor Agronomskog fakulteta u Zagrebu, član

Doktorski rad pohranjen je u:

Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu, Gradskoj i sveučilišnoj knjižnici i na Sveučilištu Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek

PhD thesis

Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek
Postgraduate university study: Agricultural sciences
Course: Agrochemistry

UDK:

Scientific Area: Biotechnical Sciences

Scientific Field: Agriculture

Analysis of nitrogen uptake and nitrogen use efficiency depending on nitrogen level, agroecological conditions and wheat genotype

Marko Ivić, mag.educ.chem

Thesis performed at the University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

Supervisor: Prof. dr. sc. Brigita Popović, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

The use of nitrogen mineral fertilizers has enabled increased yields in field crops, but most nitrogen fertilizers are lost from the soil, which represents a significant ecological and economic problem. Therefore, strategies are being developed to improve the efficiency of mineral fertilizer use, especially nitrogen. The main objectives of this research were to determine how the application of nitrogen fertilizers affects the agronomic properties of different wheat cultivars and nitrogen use efficiency (NUE), to identify cultivars with the highest NUE, to determine variance components and heritability for yield and NUE under high and low nitrogen supply levels, to identify the relationship between NUE and its components, and finally to determine the correlation between stress selection indices and yield and protein content under conditions of high and low nitrogen supply, and to identify the most tolerant wheat cultivars with regard to these properties. In this research, 48 winter wheat cultivars from different countries of origin and years of recognition were used. The field experiment was set up over two growing seasons at three locations under two levels of nitrogen fertilization. The results showed that fertilization significantly affects the increase in yield, grain protein content and nitrogen content available to wheat, while fertilization did not have a positive effect on nitrogen use and utilization efficiency. The research also found that genotypes and environment, as well as their interactions, have different effects on agronomic properties, and that by combining different stress indices, genotypes resistant to reduced nitrogen amounts can be identified.

Number of pages: 133

Number of figures: 4

Number of tables: 17

Number of references: 118

Original in: Croatian

Keywords: winter wheat, nitrogen use efficiency, stress indices

Date of the thesis defense:

Reviewers:

- 1. dr. sc. Zdenko Lončarić, Full Professor, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, president**
- 2. dr. sc. Andrijana Rebekić, Full Professor, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, member**
- 3. dr. sc. Boris Lazarević, Associate Professor, Faculty of Agriculture Zagreb, member**

Thesis deposited in:

The National and University Library, the City and University Library and the Josip Juraj Strossmayer University in Osijek.

Popis kratica

Kratica	Puni naziv
BLUP	Najbolja linearna nepristrana predikcija (Best Linear Unbiased Prediction)
BPE	Učinkovitost proizvodnje biomase (Biomass Production Efficiency)
DM	Suha tvar (Dry Matter)
DMSA	Masa suhe tvari nadzemnog dijela biljaka po hektaru u fazi pune zriobe
GMP	Geometrijska prosječna produktivnost (Geometric Mean Productivity)
GNY	Ukupan sadržaj dušika u zrnu
GPC	Sadržaj proteina u zrnu (Grain Protein Content)
GY	Prinos zrna (Grain Yield)
HI	Žetveni indeks (Harvest Index)
HM	Harmonijska produktivnost (Harmonic Mean)
HN	Visoka razina dušika (High Nitrogen)
LN	Niska razina dušika (Low Nitrogen)
MP	Prosječna produktivnost (Mean Productivity)
NHI	Dušični žetveni indeks (Nitrogen Harvest Index)
NREM	Učinkovitost remobilizacije dušika (Nitrogen Remobilization Efficiency)
NS	Udio dušika u suhoj slami
NSA	Količina dušika u suhoj slami
NTA	Ukupan dušik u nadzemnom dijelu biljke u žetvi
NTA_{max}	Ukupan dušik dostupan usjevu (95. percentil NTA)
NUE	Učinkovitost korištenja dušika (Nitrogen Use Efficiency)
NU_pE	Učinkovitost usvajanja dušika (Nitrogen Uptake Efficiency)
NU_tE	Učinkovitost iskorištenja usvojenog dušika (Nitrogen Utilization Efficiency)
PANU	Usvajanje dušika poslije cvatnje (Post-Anthesis Nitrogen Uptake)
PC1	Prva glavna komponenta (Principal Component 1)
PC2	Druga glavna komponenta (Principal Component 2)
PH	Visina biljke (Plant Height)
RSI	Indeks relativnog stresa (Relative Stress Index)
SSI	Indeks osjetljivosti na stres (Stress Susceptibility Index)
STI	Indeks tolerantnosti na stres (Stress Tolerance Index)
TOL	Tolerantnost (Tolerance)
YI	Indeks prinosa (Yield Index)
YSI	Indeks stabilnosti prinosa (Yield Stability Index)

KAZALO

1. UVOD	1
1.1. Pregled literature	4
1.1.1. Oblici dušika dostupni biljkama (NO_3^- i NH_4^+)	4
1.1.2. Mehanizmi usvajanja i metabolizma dušika	6
1.1.3. Utjecaj dušika na morfologiju i fiziologiju pšenice	7
1.1.4. Definicija i komponente učinkovitosti korištenja dušika (NUE)	8
1.1.5. Učinkovitost usvajanja dušika (NUpE)	9
1.1.6. Učinkovitost iskorištenja dušika (NUtE)	10
1.1.7. Međusobna ovisnost i značaj NUpE i NUtE u različitim agroekološkim uvjetima 11	
1.1.8. Genetska varijabilnost i nasljednost svojstava povezanih s NUE	12
1.1.9. $G \times E$ interakcije i selekcijska strategija za poboljšanje učinkovitosti korištenja dušika (NUE)	14
1.1.10. Indeksi stresa za evaluaciju genotipova pod uvjetima niske opskrbljenosti dušikom 15	
1.1.11. Fiziološki i morfološki indikatori adaptacije pšenice na smanjenu opskrbu dušikom 16	
1.1.12. Uloga selekcije u razvoju genotipova tolerantnih na stres dušičnog deficita u kontekstu klimatskih promjena	17
1.1.13. Povijesni napredak u selekciji za NUE	19
1.2. Ciljevi i hipoteza istraživanja	21
2. MATERIJALI I METODE RADA	22
2.1. Poljski pokusi	22
2.2. Analiza biljnog materijala	24
2.2.1. Uzorkovanje biljnog materijala za određivanje sadržaja dušika	24
2.2.2. Digestija biljnog materijala	25
2.2.3. Određivanje sadržaja dušika	25
2.3. Analiza agronomskih svojstava	26
2.4. Izračun indeksa stresa u uvjetima smanjene opskrbljenosti dušikom	28
2.5. Statistička obrada podataka	29
3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA	32
3.1. Vremenske prilike na ispitivanim lokacijama	32

3.2.	Svojstva tla i sadržaj dušika na ispitivanim lokacijama	35
3.3.	Vrijednosti agronomskih svojstava u ovisnosti o genotipu i razini gnojidbe	36
3.4.	Vrijednosti agronomskih svojstava u ovisnosti o lokaciji i razini gnojidbe	40
3.5.	Utjecaj gnojidbe na agronomska svojstva	41
3.6.	Analiza linearnih korelacija između agronomskih svojstava	42
3.7.	Doprinos izvora variranja na agronomska svojstva	49
3.8.	Heritabilnost svojstava i genetska korelacija	50
3.9.	Utjecaj godine priznavanja genotipa na agronomska svojstva	51
3.10.	BLUP vrijednosti za prinos i indekse stresa	52
3.11.	Analiza varijance za prinos i indekse stresa	53
3.12.	BLUP vrijednosti za sadržaj proteina u zrnu i indekse stresa	54
3.13.	Analiza varijance za sadržaj proteina u zrnu i indeksa stresa	55
3.14.	Korelacijska analiza za prinos zrna i indekse stresa	56
3.15.	Korelacijska analiza za sadržaj proteina u zrnu i indekse stresa	57
3.16.	Identifikacija genotipova ozime pšenice tolerantnih na stres	58
3.17.	Analiza glavnih komponenti za devet indeksa stresa, prinos zrna i sadržaj proteina pod HN i LN tretmanima	60
4.	RASPRAVA	62
4.1.	NUE i povezanost reakcije s genotipom i ostalim svojstvima	62
4.2.	Važnost utjecaja genetskih komponenti u analizi NUE	63
4.3.	Selekcija genotipova ozime pšenice tolerantnih na nisku razinu dušika pomoću indeksa stresa	67
4.4.	Nedostaci korištenja indeksa stresa	70
4.5.	Izazovi i budući pravci istraživanja	71
5.	ZAKLJUČCI	73
6.	LITERATURA	74
7.	SAŽETAK	86
8.	SUMMARY	87
9.	PRILOZI	88
10.	ŽIVOTOPIS	124

1. UVOD

Pšenica (*Triticum aestivum* L.) je uz kukuruz i rižu jedna od najvažnijih ratarskih kultura kako u svijetu, tako i u Republici Hrvatskoj. Najveći svjetski proizvođači pšenice su Europska unija, Kina, Indija, Rusija i SAD. Godišnja svjetska proizvodnja pšenice u 2020. godini iznosila je 761 milijuna tona na 219 milijuna hektara (FAOSTAT 2022.). Procjenjuje se da će do 2025. godine potražnja za pšenicom iznositi 840 milijuna tona (Murchie i sur., 2008.) što je posljedica povećavanja broja svjetskog stanovništva i razvoja stočarstva. Zadovoljavajući potrebu za povećanom potražnjom i proizvodnjom pšenice stvara se veći pritisak na osnovne resurse kao što su voda, tlo i zrak. S obzirom da procijenjeno globalno povećanje potražnje od 1,7 % godišnje (Rosengrant i Agcaoili, 2010.) ne prati prosječno godišnje povećanje proizvodnje pšenice od 1,1 % (Dixon i sur., 2009.), potrebno je pronaći nove strategije i rješenja koja bi smanjila utjecaj negativnih faktora na proizvodnju pšenice kao što su klimatske promjene, ograničena količina prirodnih resursa te biotički i abiotički stres. Naime, poznato je da na količinu i kvalitetu proizvedene pšenice utječe veliki broj faktora, a jedan od ključnih je količina i dostupnost dušika u tlu.

Dušik je prinosotvorni makro element u ishrani bilja, a maseni udio u suhoj tvari kod biljaka iznosi 2 – 5 % (Vukadinović i Lončarić, 1999.). Jedan je od glavnih gradivnih elemenata proteina, nukleinskih kiselina, klorofila i drugih metabolita. Iako 78 % atmosfere čini elementarni dušik u plinovitom obliku, kao takvoga ga većina biljaka ne može usvojiti. Biljke prvenstveno usvajaju dušik u obliku nitratnih (NO_3^-) i amonijevih (NH_4^+) iona (Crawford i Forde, 2002.). Put tih iona u biljku i kroz nju uključuje aktivan proces usvajanja, redukcije nitrata, asimilaciju, translokaciju te remobilizaciju (Masclaux-Daubresse i sur. 2008.). Uvjeti niske razine dušika u tlu utječu na rast, razvoj i produktivnost ozime pšenice. Direktno promjene vide se u ekspresiji gena, metabolizmu, brzini rasta i samom prinosu pšenice. Istraživanja pokazuju kako biljke pokazuju određene biokemijske i fiziološke reakcije kao odgovor na ograničenu dostupnost dušika kao hranjiva. Te promjene uključuju povećano usvajanje dušika preko transportera koji imaju veliki afinitet za dušikove ione, remobilizaciju dušika iz starijih listova u mlađe listove i plodove te nakupljanje antocijanina u plodovima (Ono i sur., 1996.; Chalker-Scott, 1999.; Ding i sur., 2005.; Diaz i sur., 2006.). Manjak dušika kod ozime pšenice manifestira se u smanjenju prinosa i kvalitete zrna (niži sadržaj proteina), a simptomi manjka dušika su kloroza listova, niža visina i tanja stabljika te slabije busanje.

Za razliku od prirodnih ekosustava gdje sadržaj dušika u tlu odgovara potrebama flore, agroekološki ekosustavi naročito u proizvodnji pšenice, zahtijevaju upotrebu mineralnih gnojiva kako bi se postigli optimalni prinosi. Jedna od najvažnijih prednosti racionalne upotrebe gnojiva s ciljem povećanja prinosa po jedinici površine je sprječavanje pretvaranja pojedinih ekosustava (livade i šume) u obradive površine. Prema podacima iz 2017. godišnje se u svijetu u tlo unosi oko 107,7 milijuna tona dušičnih gnojiva (FAOSTAT 2022.) te se u narednim godinama procjenjuje da će taj broj rasti do 240 milijuna tona (Good i sur., 2004.). Od ukupne količine dodanog dušika u obliku dušičnog gnojiva biljka usvoji 30 – 50 % (Peoples i sur., 1995.), dok ostatak dušika ostaje u tlu ili se u nepovoljnim uvjetima može premjestiti erozijom, izgubiti iz tla u obliku plinova (amonijak, dušik ili dušikovi oksidi) i iona (ispiranje nitrata). Osim što negativno utječe na okoliš, prekomjerno korištenje dušičnih gnojiva negativno utječe i na ekonomsku isplativost proizvodnje pšenice (Mortimer i sur., 2004.).

Kako bi se pronašao maksimalan omjer dobivenog prinosa i količine dušika u tlu Moll i suradnici su 1982. godine definirali pojam učinkovitost korištenja dušika (NUE) kao prinos zrna po jedinici dostupnog dušika (ukupna količina dušika prisutna u tlu i dodanom dušičnom gnojivu). Dvije komponente NUE su učinkovitost usvajanja dušika (NUpE) i učinkovitost iskorištenja usvojenog dušika (NUtE) (Moll i sur., 1982.), gdje se NUpE računa kao ukupna količina dušika u nadzemnom dijelu biljke u žetvi podijeljena s raspoloživim dušikom u tlu, a NUtE kao suha masa zrna podijeljena s ukupnom količinom dušika u nadzemnom dijelu biljke u žetvi. Stoga se učinkovitost korištenja dušika kod pšenice može povećati poboljšanjem usvajanja i/ili iskorištenja dušičnih gnojiva.

Neki od načina kojima se može smanjiti upotreba dušičnih gnojiva su: selekcija genotipova, istraživanje svojstava korijena, precizna visoko-propusna fenotipizacija, standardizirani poljski pokusi, nove tehnike za učinkovitiju primjenu gnojiva, dobra praksa ophođenja prema parcelama te identifikacija fizioloških, metaboličkih i genetičkih procesa vezanih za dušik (Sandhu i sur., 2021.).

Zadatak koji se stavlja pred oplemenjivače je proizvodnja novih visokoprinosnih genotipova pšenice (s većim vrijednostima NUE) u uvjetima manjka dušika, to jest u uvjetima dušičnog stresa. Povećanje produktivnosti korištenjem novih sorti s poboljšanim genetskim potencijalom za prinos dovelo je do toga da je prinos pšenice utrostručen u zadnjih 50 godina (Pingali, 2012.).

Postojanje i dostupnost genske varijabilnosti za NUE kod pšenice je ono što omogućuje oplemenjivanje i selekciju novih sorti s boljim korištenjem dušika. Heritabilnost unutar svakog sustava proizvodnje i jačina interakcije između genotipa i sustava proizvodnje ključni su čimbenici za usporedbu strategija oplemenjivanja, tj. direktne ili indirektno selekcije unutar oplemenjivačkog programa (Annicchiarico i sur., 2010.). Procjene heritabilnosti na razinama visokih i niskih ulaganja zajedno s genetičkim korelacijama između razina ulaganja, korištene su za usporedbu relativne učinkovitosti direktne nasuprot indirektno selekcije kako bi se dale preporuke za program selekcije čiji je cilj stvaranje genotipova za poljoprivredu niskih ulaganja ili organsku poljoprivredu (Brancourt-Hulmel i sur., 2005.; Przystalski i sur., 2008.; Annicchiarico i sur. 2010.; Cormier i sur., 2013.; Šarčević i sur., 2014.).

Selekcija novih genotipova s očekivanom većom učinkovitošću korištenja dušika u uvjetima nedostatka dušika može se provoditi direktno putem stvaranja stresnih uvjeta (bez dodatne primjene dušičnih gnojiva) ili indirektno u optimalnim uvjetima proizvodnje. Direktna selekcija u stresnoj okolini ima prednost u slučaju unakrsnih interakcija genotipa i sustava proizvodnje (Ceccarelli, 1996.; Annicchiarico i sur., 2010.; Cormier i sur., 2016.). S druge strane, izostanak ove interakcije omogućuje provođenje selekcije genotipova za obje ciljane okoline (optimalnu i stresnu) samo u optimalnim uvjetima, budući da je u takvim uvjetima heritabilnost za prinos kao i očekivana uspješnost selekcije općenito viša nego u uvjetima nedostatka dušika (Šarčević i sur. 2014.; Cormier i sur., 2016.; Guttieri i sur. 2017.).

1.1. Pregled literature

Dušik (N) je ključni makroelement potreban za optimalan rast, razvoj i produktivnost pšenice s obzirom da sudjeluje u sintezi aminokiselina, proteina, klorofila, nukleinskih kiselina i koenzima. Također, njegovo prisustvo određuje razinu fotosintetske aktivnosti, translokaciju asimilata i ukupni agrofiziološki potencijal biljke (Vukadinović i Lončarić, 1999.). U nastavku se razmatraju glavni aspekti biološke osnove primjene dušika u pšenici, uključujući oblike dostupne biljkama, mehanizme usvajanja i metabolizma, te utjecaj na morfološke i fiziološke karakteristike biljke.

1.1.1. Oblici dušika dostupni biljkama (NO_3^- i NH_4^+)

Najvažniji i najčešće prisutni oblici dušika koji su dostupni biljkama u tlu su nitratni (NO_3^-) i amonijevi (NH_4^+) ioni. Razlike u njihovim fizikalno-kemijskim svojstvima, načinu usvajanja, metabolizmu i utjecaju na biljke čine njihovo razumijevanje ključnim za optimizaciju dušične ishrane u poljoprivredi. Nitratni ion (NO_3^-) je dominantni oblik dušika u aeriranim i dobro dreniranim tlima, osobito u umjerenim klimatskim uvjetima. Nastaje oksidacijom amonijaka putem nitrifikacije, procesa koji provode autotrofne bakterije roda *Nitrosomonas* (amonijev ion u nitritni) i *Nitrobacter* (nitritni ion u nitratni). Zbog svoje visoke topljivosti i mobilnosti, nitratni ion lako se kreće kroz profil tla, čime postaje pristupačan korijenu biljke, ali i podložan ispiranju (*leaching*) i gubicima iz tla. Biljke usvajaju nitrate putem specijaliziranih transportera u korijenu: nisko-afinitetni (LATS – Low Affinity Transport System) i visoko-afinitetni sustavi (HATS – High Affinity Transport System), ovisno o koncentraciji nitrata u zoni korijena. HATS su aktivni pri niskim koncentracijama, a LATS pri visokim koncentracijama nitrata u tlu. Većina membranskih transportera za nitratne ione radi simportski pri čemu nitrat ulazi u stanicu zajedno s protonom. Usvajanje nitrata obično dovodi do alkalizacije rizosfere, jer biljke radi održavanja elektroneutralnosti izlučuju hidroksidne ione (OH^-) ili smanjuju izlučivanje H^+ u tlo (Crawford i Forde, 2002.). Jednom usvojen, nitrat se reducira u nitritni ion (NO_2^-) pomoću enzima nitrata reduktaza (NR) u citoplazmi, a zatim se nitritni ion reducira u amonijev ion u plastidima pomoću nitrit reduktaze (NiR). Dobiveni NH_4^+ potom ulazi u ciklus sinteze aminokiselina putem GS/GOGAT sustava. Zbog svoje pokretljivosti i neakumulativnosti u biljci, nitratni oblik često se povezuje s višom biomasom i vegetativnim rastom, ali slabijim sadržajem proteina u znu ako gnojidba nije pravodobno izvedena (Barraclough i sur., 2010; Gaju i sur., 2011.).

Amonijev ion (NH_4^+) je prevladavajući oblik u tlima slabije aeracije, pri nižim pH vrijednostima kao i u anaerobnim uvjetima. Za razliku od nitrata, amonijev ion je manje mobilan jer se adsorbira na negativno nabijene čestice tla (koloide), pa je njegov rizik od ispiranja manji, ali može izazvati fitotoksičnost ako se akumulira u višim koncentracijama u rizosferi (Lea i Azevedo, 2007.). Biljke usvajaju amonijev ion preko specifičnih membranskih transportera visokog afiniteta iz AMT/MEP obitelji, uz dodatni niskoafinitetni transport pri većim koncentracijama u tlu. Za razliku od usvajanja nitrata, usvajanje amonijevih iona obično je elektroneutralno ili povezano s izlazom protona, pa dovodi do zakiseljavanja apoplasta i rizosfere. Usvojeni amonijevi ioni ne zahtijevaju redukciju kao nitrat, već se odmah uključuju u aminokiselinske sinteze kroz glutamin sintazu (GS) i glutamat sintazu (GOGAT). Ovaj oblik može ubrzati rast ako je prisutan u niskim koncentracijama, ali ako dominira u ishrani, može inhibirati rast korijena i izazvati promjene u pH rizosfere (Masclaux-Daubresse i sur., 2008.).

U agronomskoj praksi često se, putem gnojidbe, koristi kombinirana primjena nitratnog i amonijačnog oblika dušika, kako bi se iskoristile prednosti oba oblika: mobilnost i brza dostupnost nitrata, uz stabilnost i manji gubitak amonija. Brojna istraživanja ukazuju da biljke bolje reagiraju na kombinirani izvor dušika, jer se povećava aktivnost enzima povezanih s metabolizmom dušika i poboljšava sinergija u ishrani (Raun i Johnson, 1999.). Istraživanja na pšenici pokazuju da genotipovi različito reagiraju na dominantan oblik dušika: neki preferiraju nitratni ion, dok drugi bolje iskorištavaju amonijev ion, što ukazuje na genetski uvjetovanu plastičnost u ishrani dušikom (Le Gouis i sur., 2000.).

Odabir oblika dušičnog gnojiva i vremena primjene presudan je za učinkovito upravljanje ishranjenosti biljke dušikom. Pravilno balansiranje NO_3^- i NH_4^+ iona može:

- povećati prinos i sadržaj proteina,
- poboljšati učinkovitost korištenja dušika (NUE),
- smanjiti gubitke volatizacijom i ispiranjem,
- smanjiti emisiju stakleničkih plinova i eutrofikaciju voda.

Razumijevanje razlika između nitratnog i amonijskog oblika dušika presudno je za optimizaciju mineralne gnojidbe i poboljšanje učinkovitosti korištenja dušika u pšenici. Svaki oblik ima specifične prednosti i ograničenja, a njihov pravilan odabir i primjena mora biti prilagođena svojstvima tla, klimatskim uvjetima i genetskim karakteristikama genotipova.

1.1.2. Mehanizmi usvajanja i metabolizma dušika

Usvajanje i unutarnji metabolizam dušika u pšenici podrazumijeva niz koordiniranih fizioloških i biokemijskih procesa kojima biljka regulira raspodjelu dušika između organskih i anorganskih oblika, ovisno o svojoj razvojnoj fazi, okolišnim uvjetima i dostupnosti hranjiva u tlu. Premda su oblici dušika koji su biljci dostupni prvenstveno u obliku nitratnog (NO_3^-) i amonijevog iona (NH_4^+), njihov ulazak u stanicu i uključivanje u metabolizam ne predstavlja pasivan proces, već je posljedica kompleksnih interakcija između specifičnih transportnih sustava, enzimskih lanaca i signalnih mehanizama (Xu i sur., 2012.).

Nakon usvajanja, anorganski dušik ulazi u prvu razinu metabolizma poznatu kao asimilacijski metabolizam. Unutar stanice pšenice, nitrate preuzimaju specifični proteinski kompleksi koji posreduju njihovu redukciju – najprije u nitritni, a zatim u amonijačni oblik. Ovaj redukcijski slijed odvija se uz sudjelovanje dvaju ključnih enzima: nitrata reduktaze (NR) i nitrita reduktaze (NiR). Nitrat reduktaza katalizira pretvorbu nitratnog u nitritni ion u citoplazmi i pritom koristi NADH ili NADPH kao izvor elektrona, dok nitrit reduktaza, smještena u plastidima, reducira nitrite u amonijeve ione putem transfera elektrona s feredoksina. Aktivnost NR je inducibilna te izravno ovisi o koncentraciji nitrata u tlu i dostupnosti ugljikohidrata, čime biljka signalizira kada ima energetske sposobnost za intenzivnu sintezu dušičnih spojeva (Wang i sur., 2014.).

Nakon što se u biljci pojave amonijevi ioni, neovisno jesu li izravno usvojeni iz tla ili generirani putem redukcije nitrata, ulaze u ciklus primarne asimilacije. Središnji enzimatski sustav za uključivanje NH_4^+ u organski metabolizam čini GS/GOGAT ciklus. Ovaj sustav uključuje enzim glutamin sintazu (GS) koji katalizira kondenzaciju amonijevog iona s glutamatom u glutamin, te glutamat sintazu (GOGAT) koja reducira glutamin i α -ketoglutarat u dvije molekule glutamata, osiguravajući time pristup osnovnim dušičnim gradivnim jedinicama za daljnju biosintezu aminokiselina, proteina i drugih dušičnih spojeva. Istraživanja su pokazala da ekspresija gena za GS, posebice citosolne izoforme GS1, korelira s visokom efikasnošću remobilizacije dušika tijekom kasnijih razvojnih faza pšenice, što je ključno za finalni sadržaj proteina u zrnju (Habash i sur., 2007.; Masclaux-Daubresse i sur., 2010.).

Nadalje, unutarnja dinamika dušika uključuje ne samo asimilaciju, već i njegov transport i redistribuciju tijekom vegetacijskog ciklusa. Dušik koji nije odmah iskorišten u rastuće organe akumulira se u starijem lišću u obliku transportnih i skladišnih proteina. U fenofazama od cvatnje nadalje, ti se proteini razgrađuju i dušik se remobilizira u razvijajuće reproduktivne organe. Ova remobilizacija regulirana je enzimima proteolize i djelovanjem GS1 u

senescentnim tkivima, a genotipske razlike u aktivnosti tih enzima objašnjavaju razlike u sadržaju proteina između različitih genotipova pšenice (Martre i sur., 2006.).

Na molekularnoj razini, sve faze metabolizma dušika, od usvajanja do remobilizacije, podložne su složenoj mreži regulacije koja uključuje transkripcijske faktore, mikroRNA i signale povezane s ravnotežom ugljika i dušika. Transkripcijski faktori iz skupine NIN-like proteins (NLPs) ključni su za aktivaciju gena uključenih u transport nitrata i redukciju, a njihova funkcionalnost ovisi o signalima iz okoliša kao što su razine NO_3^- , šećera i hormona poput citokinina (O'Brien i sur., 2016.).

1.1.3. Utjecaj dušika na morfologiju i fiziologiju pšenice

Optimalna opskrba dušikom stimulira rast nadzemne biomase povećanjem broja listova, površine lista (LAI – Leaf Area Index), dužine internodija te broja klasova po biljci. Kod dobro opskrbljenih biljaka zabilježena je veća gustoća i dužina lista, intenzivnije busanje te raniji prijelaz u generativnu fazu, što u konačnici rezultira višim brojem zrna po klasu i većom masom 1000 zrna (Barraclough i sur., 2010.). Povećanje količine dušika pozitivno korelira s aktivacijom procesa stanične diobe u meristemima, što dovodi do povećane akumulacije suhe tvari, a ta je akumulacija u korelaciji s fotosintetskom učinkovitošću listova (Gaju i sur., 2011.).

Fiziološki gledano, dušik povećava koncentraciju klorofila u listovima i time izravno utječe na fotosintetsku aktivnost. Razina opskrbe dušikom determinira sposobnost biljke da hvata i iskorištava sunčevu energiju za sintezu asimilata, pri čemu se povećava neto fotosintetska stopa. Viša koncentracija dušika u listu pridonosi većoj aktivnosti ključnih enzima fotosinteze, uključujući RUBISCO, te povećava razinu ribuloze-1,5-difosfata, čime se omogućuje brža regeneracija akceptora CO_2 (Lawlor, 2002.). U eksperimentima provedenim na pšenici dokazano je da genotipovi s većim kapacitetom za sintezu i održavanje klorofila tijekom reproduktivnih faza ostvaruju viši prinos, što upućuje na povezanost efikasnog korištenja dušika i fotosintetske stabilnosti (Gaju i sur., 2011.; Le Gouis i sur., 2000.).

Dušik također snažno utječe na transpiraciju i vodnu dinamiku biljke. Veće koncentracije dušika povećavaju stomatalnu vodljivost i provodljivost CO_2 , no istovremeno povećavaju i transpiracijski gubitak vode, što može biti ograničavajući faktor u uvjetima suše. Istraživanja su pokazala da genotipovi pšenice koji efikasnije reguliraju stomatalnu aktivnost i raspodjelu asimilata pri višim razinama dušika ostvaruju stabilniji prinos i imaju bolju učinkovitost korištenja vode u suhim uvjetima (Gorny i sur., 2011.). Uz navedeno, razina dostupnog dušika ima ključnu ulogu u sintezi i raspodjeli hormona poput citokinina, gibberelina i auksina, čiji su

metabolički putevi uvjetovani statusom dušika u biljci. Tako je poznato da citokinini, koji su povezani sa staničnom diobom i odgodom senescencije, bilježe povišene koncentracije u uvjetima optimalne dušične ishrane. To omogućuje dulje trajanje fotosintetske aktivnosti listova (takozvani „stay-green“ fenotip), što je povezano s većim sadržajem proteina u zrnu i produženom translokacijom asimilata u klas (Martre i sur., 2006.). Važno je istaknuti da prekomjerna primjena dušika može izazvati negativne fiziološke posljedice. Istraživanja pokazuju da više razine dušika dovode do neravnoteže između vegetativnog i generativnog rasta, prekomjernog izduživanja stabljike, što povećava rizik od polijeganja, kao i povećane akumulacije nitrata u biljnim tkivima, koji mogu imati negativan učinak na zdravlje ljudi i okoliš (Fageria i Baligar, 2005.). Osim toga, višak dušika može inhibirati formiranje dubokog korijenovog sustava, smanjiti otpornost na abiotske stresove te negativno utjecati na ravnotežu iona i pH u rizosferi.

Na temelju istraživanja provedenih u različitim agroekološkim uvjetima, uključujući pokuse u Hrvatskoj, potvrđeno je da je odgovor pšenice na dušik dodan putem gnojidbe visoko varijabilan i uvjetovan genetskom osnovom genotipova. Genotipovi se razlikuju u učinkovitosti korištenja dušika pri istim razinama gnojidbe, a takva genotipska plastičnost posljedica je razlika u morfološkim parametrima, fiziološkim procesima i dinamici remobilizacije dušika u fenofazama zriobe (Šarčević i sur., 2014.). Dušik posjeduje višestruke morfološke i fiziološke učinke na pšenicu, koji nadilaze sam učinak na rast i uključuju finu regulaciju fotosinteze, transpiracije, hormonske ravnoteže i mehanizama senescencije. Uspješno upravljanje dušičnom ishranom, uz uzimanje u obzir genetske specifičnosti genotipova i okolišnih uvjeta, presudno je za maksimizaciju prinosa i minimizaciju negativnih posljedica prekomjerne gnojidbe.

1.1.4. Definicija i komponente učinkovitosti korištenja dušika (NUE)

Učinkovitost korištenja dušika (engl. Nitrogen Use Efficiency – NUE) predstavlja jedan od ključnih agronomskih i ekoloških pokazatelja u suvremenoj biljnoj proizvodnji, osobito u kontekstu sve izraženijih ograničenja u korištenju mineralnih gnojiva, klimatskih promjena i zahtjeva za održivim gospodarenjem resursima. Pojam NUE obuhvaća sposobnost biljke da usvoji raspoloživi dušik iz tla te ga u što većoj mjeri pretvori u organsku biomasu i reproduktivni urod, odnosno u zrno kod žitarica poput pšenice. Kao kvantitativan agronomski parametar, NUE se najčešće definira kao omjer prinosa zrna i ukupno primijenjenog dušika, čime se ističe njegova funkcija kao pokazatelja učinkovitosti pretvaranja ulaznih resursa u korisni agronomski ishod (Moll i sur., 1982.). No, kako bi se dublje razumjela fiziološka i

genetska osnova ovog parametra, u literaturi se sve češće primjenjuje razlaganje NUE na dvije osnovne komponente: učinkovitost usvajanja dušika (Nitrogen Uptake Efficiency – NUpE) i učinkovitost iskorištavanja dušika (Nitrogen Utilization Efficiency – NUtE).

1.1.5. Učinkovitost usvajanja dušika (NUpE)

Učinkovitost usvajanja dušika (engl. Nitrogen Uptake Efficiency – NUpE) definira se kao sposobnost biljke da iz tla ili primijenjenog gnojiva usvoji što veći udio raspoloživog mineralnog dušika, bez obzira na njegovu koncentraciju ili oblik (Moll i sur., 1982.). Ova komponenta ukupne učinkovitosti korištenja dušika (NUE) posebno je značajna u agroekološkim uvjetima ograničene opskrbljenosti dušikom te u sustavima s reduciranom gnojidbom, gdje biljka mora optimalno iskoristiti dostupna hranjiva. Visoka NUpE smanjuje gubitke dušika ispiranjem, denitrifikacijom i volatilizacijom te osigurava veću agronomsku i ekološku učinkovitost u biljnim sustavima (Raun i Johnson, 1999.). Usvajanje dušika u biljci pšenice odvija se putem kompleksne mreže korijenskih transportnih proteina koji omogućuju selektivnu apsorpciju nitratnog (NO_3^-) i amonijevog iona (NH_4^+). Ovi se transporteri dijele na sustave visoke (HATS) i niske afinitetnosti (LATS), a njihova ekspresija ovisi o dostupnosti dušika, razvojnim fazama biljke te signalima iz okoliša (Crawford i Forde, 2002.).

Genotipske razlike u sposobnosti korijenovog sustava da razvije duboku i razgranatu morfologiju povezane su s razlikama u NUpE među sortama pšenice, pri čemu se učinkovitije sorte odlikuju većom gustoćom i površinom apsorpcijskih zona (Barracough i sur., 2010.).

Znanstvena istraživanja ukazuju na značajnu varijabilnost NUpE među genotipovima pšenice. U klasičnim radovima Van Sanforda i MacKowna (1986.), zabilježen je doprinos NUpE od 54% ukupnoj varijabilnosti NUE u testiranim genotipovima. Kasniji radovi poput onog Dhugge i Wainesa (1989.) pokazali su da u uvjetima visoke i niske opskrbljenosti dušikom, NUpE može doprinositi NUE i do 70 %, ističući time ključnu ulogu ove komponente u adaptivnom odgovoru biljke na različite razine raspoloživog dušika. U istraživanjima s europskim sortama pšenice u agroekološkim uvjetima Hrvatske, Šarčević i sur. (2014.) izvijestili su da genotipovi značajno variraju u NUpE, osobito pri nižim razinama dušične gnojidbe. Smanjenje doze dušika za 100 kg N ha^{-1} dovelo je do smanjenja prinosa od 10 %, no istovremeno su identificirane sorte koje su zadržale relativno visok prinos zahvaljujući visokoj učinkovitosti usvajanja dostupnog dušika. Takvi genotipovi pokazuju veću ekspresiju gena za transportere nitrata (NRT1 i NRT2), što potvrđuje molekularnu osnovu razlika u NUpE. Na razini agrotehničkih mjera, učinkovitost NUpE može se poboljšati primjenom prilagođenih strategija

gnojidbe, uključujući preciznu primjenu dušika u vremenskim intervalima koji odgovaraju najintenzivnijim fazama usvajanja (busanje, početak klasanja), kao i kombiniranjem oblika dušika radi optimizacije prisutnosti NO_3^- i NH_4^+ iona u rizosferi. Također, simbiotski odnosi s mikroorganizmima, osobito s rizobakterijama koje mobiliziraju dušik, mogu pozitivno utjecati na učinkovitost usvajanja, čime se otvara dodatni potencijal za agroekološki prihvatljive prakse (Ladha i sur., 2005.). S obzirom na to da visok NUpE predstavlja poželjnu osobinu u sustavima “low-input” poljoprivrede, njegovo uključivanje u programe selekcije i oplemenjivanja pšenice ima sve veći značaj. Osobito su vrijedne sorte koje zadržavaju visok NUpE bez gubitka prinosa, jer omogućuju stabilnu proizvodnju uz manju ovisnost o gnojivima. Takvi genotipovi predstavljaju ključni alat za održivu intenzifikaciju proizvodnje žitarica u uvjetima klimatskih i ekonomskih ograničenja.

1.1.6. Učinkovitost iskorištenja dušika (NUE)

Učinkovitost iskorištavanja dušika (engl. Nitrogen Utilization Efficiency – NUE) definira se kao sposobnost biljke da usvojeni dušik pretvori u ekonomsku biljnu biomasu, najčešće izraženu kao prinos zrna u žitaricama poput pšenice (Moll i sur., 1982.). U okviru ukupne učinkovitosti primjene dušika (NUE), NUE predstavlja drugi temeljni čimbenik uz učinkovitost usvajanja (NUpE), a njegova važnost raste osobito u uvjetima kada je usvojena količina dušika već maksimalna, ali prinos ostaje ograničen zbog unutarnjih metaboličkih i fizioloških barijera. Visok NUE podrazumijeva da biljka učinkovito uključuje dostupni dušik u metaboličke procese, s naglaskom na sintezu aminokiselina, transport i preraspodjelu proteina te formiranje organske tvari u ključnim razvojnim fazama, osobito tijekom nalijevanja zrna (Masclaux-Daubresse i sur., 2010.). U pšenici, učinkovitost NUE usko je povezana s razinom aktivnosti enzima poput glutamin sintetaze (GS) i glutamat sintaze (GOGAT), koji omogućuju inkorporaciju amonijaka u stabilne dušične spojeve (Masclaux-Daubresse i sur., 2008.). Istraživanja su pokazala da genotipovi pšenice koji iskazuju višu ekspresiju GS1 u listovima tijekom faze senescencije imaju bolju sposobnost remobilizacije dušika iz vegetativnih tkiva u zrno, što povećava sadržaj proteina u konačnom urodu (Habash i sur., 2007.).

Ortiz-Monasterio i sur. (1997.) u svojoj analizi CIMMYT linija jare pšenice otkrili su da je doprinos NUE u ukupnoj NUE značajniji pri visokoj opskrbljenosti dušikom, dok NUpE dominira pri niskim razinama. Slično tome, Le Gouis i sur. (2000.) zaključili su da je doprinos NUE u visoko fertiliziranim uvjetima veći, iznoseći 70 %, dok je pri niskoj gnojidbi veći udio imao NUpE. Takva varijabilnost podcrtava važnost razumijevanja interakcije između okolišnih uvjeta i genetske osnove biljke u regulaciji unutarnjeg metabolizma dušika. Genotipske razlike

u NUtE posljedica su razlika u učinkovitosti transporta dušičnih spojeva do klasa i sposobnosti održavanja fotosintetske aktivnosti tijekom kasnih fenofaza. Visoko efikasni genotipovi često pokazuju „stay-green“ karakteristike, što znači da zadržavaju aktivno lisno tkivo dulje vrijeme tijekom punjenja zrna, što omogućuje kontinuiranu sintezu i transport asimilata, uključujući dušik (Gaju i sur., 2011.; Martre i sur., 2006.).

Osim fizioloških mehanizama, važnu ulogu u NUtE imaju i regulacijski elementi poput transkripcijskih faktora i hormonske signalizacije. Na primjer, citokinini pomažu u održavanju fotosintetske aktivnosti listova, a auksini reguliraju „sink-source“ odnose između lista i zrna. Biljke koje imaju učinkovitiju hormonsku koordinaciju pokazuju veću preraspodjelu dušika u zrno, čak i kad je ukupni sadržaj dušika u biljci manji (Nunes-Nesi i sur., 2010.). U agronomskom smislu, povećanje NUtE posebno je važno u kontekstu poboljšanja kvalitete proteina u zrnu bez potrebe za dodatnim unošenjem mineralnog dušika, čime se smanjuju ekonomski troškovi i negativni ekološki učinci.

1.1.7. Međusobna ovisnost i značaj NUpE i NUtE u različitim agroekološkim uvjetima

Učinkovitost usvajanja (NUpE) i iskorištavanja dušika (NUtE) ključne su komponente ukupne učinkovitosti korištenja dušika (NUE), a njihova relativna važnost i međusobna ovisnost izrazito ovise o agroekološkim uvjetima u kojima se pšenica uzgaja. Interakcija okolišnih čimbenika – kao što su dostupnost dušika u tlu, vodni režim, temperatura, tekstura tla i mikrobiološka aktivnost – s genetskim potencijalom genotipova određuje koji će od ova dva mehanizma dominantno doprinositi konačnom prinosu i učinkovitosti dušične ishrane (Barraclough i sur., 2010.).

U agroekološkim uvjetima niske opskrbljenosti dušikom, kao što su tla siromašna organskom tvari, pjeskovita tla sklona ispiranju te sustavi smanjene ili organske gnojidbe, učinkovitost usvajanja dušika (NUpE) postaje presudan čimbenik za održavanje stabilnog prinosa. Biljke koje razvijaju snažan korijenov sustav i posjeduju visoku ekspresiju membranskih transportera za nitrate i amonij (npr. NRT2.1, NRT1.1, AMT1) imaju sposobnost usvajanja i minimalnih količina dostupnog dušika (Garnett i sur., 2009.). Takvi genotipovi iskazuju bolju prilagodbu uvjetima smanjene opskrbljenosti dušikom, smanjuju gubitke hranjiva iz tla i pokazuju visok NUpE, iako NUtE može ostati nizak ako nema dovoljno asimiliranog dušika za učinkovitu preraspodjelu i sintezu proteina. S druge strane, u uvjetima visoke opskrbljenosti dušikom – bilo zbog intenzivne gnojidbe ili visoke mineralizacije u humusnim tlima – biljke imaju dovoljno dušika na raspolaganju, pa učinkovitost usvajanja više ne predstavlja ograničavajući

čimbenik. U tim uvjetima NUtE postaje ključna komponenta, budući da se učinkovitost proizvodnje temelji na sposobnosti biljke da preraspodijeli već akumulirani dušik u zrno uz održavanje fotosintetske aktivnosti i transportnih procesa. Dodatna gnojidba gubi smisao ako biljka ne može metabolički iskoristiti višak dušika (Ortiz-Monasterio i sur., 1997.; Le Gouis i sur., 2000.).

Istraživanja su potvrdila da je doprinos NUpE i NUtE ukupnoj varijabilnosti NUE različit ovisno o nivou dušične opskrbe. Tako su Le Gouis i sur. (2000.) utvrdili da je pri niskoj opskrbljenosti dušikom doprinos NUpE iznosio 64 %, dok se u uvjetima visoke opskrbe doprinos smanjio na 30 %, a dominaciju je preuzela NUtE. Prema Ortiz-Monasterio i suradnicima (1997.), genetska varijabilnost učinkovitosti korištenja dušika (NUE) pri niskoj dostupnosti dušika uglavnom je određena NUpE, dok pri visokim razinama dušika prevladava doprinos NUtE. Slično, Gaju i sur. (2011.) su identificirali genotipove s visokim NUtE u uvjetima visoke opskrbe dušikom, kod kojih je „stay-green“ fenotip omogućio dulje trajanje fotosintetske aktivnosti i povećan transport dušika u zrno. Važno je naglasiti da postoji snažna sinergija između NUpE i NUtE, gdje poboljšanje jednog aspekta bez drugog rijetko rezultira maksimizacijom ukupne učinkovitosti. Genotip s visokom sposobnošću usvajanja, ali slabom iskorištenosti unesenog dušika, može akumulirati višak nitrata u vegetativnom tkivu, što ne doprinosi ni prinosu niti kvaliteti zrna. Suprotno tome, genotip s visokom sposobnošću iskorištavanja, ali ograničenom dostupnošću dušika, ne može ostvariti potencijal jer mu nedostaje supstrat za sintezu (Moll i sur., 1982.).

U kontekstu klimatskih promjena i potreba za smanjenjem inputa u biljnoj proizvodnji, razumijevanje međuodnosa između NUpE i NUtE predstavlja temelj za razvoj genotipova pšenice prilagođenih različitim agroekološkim uvjetima. U sustavima niskih ulaganja i ekološke proizvodnje, prednost će imati genotipovi s visokom NUpE i otpornim korijenovim sustavom, dok će u intenzivnim sustavima proizvodnje naglasak biti na genotipovima s povišenim NUtE, sposobnim za učinkovitu preraspodjelu dušika u zrno, uz minimalne okolišne gubitke (Barraclough i sur., 2010.).

1.1.8. Genetska varijabilnost i nasljednost svojstava povezanih s NUE

Učinkovitost korištenja dušika (NUE) u pšenici rezultat je složenog kombiniranja genetskih svojstava, okolišnih uvjeta i njihovih interakcija ($G \times E$). Genetska komponenta učinkovitosti upotrebe dušika podrazumijeva mogućnost da se kroz selekcijske procese poboljšaju osobine koje biljkama omogućuju optimalno usvajanje (NUpE) i iskorištavanje dušika (NUtE), čime se

povećava prinos i kvaliteta zrna te smanjuju negativni okolišni učinci. U tom kontekstu, identificiranje genetske varijabilnosti, kvantifikacija nasljednosti i razvoj odgovarajućih selekcijskih strategija predstavljaju ključne korake u oplemenjivanju pšenice za visoku NUE.

Prvi pokazatelji da među genotipovima pšenice postoji znatna varijabilnost u komponentama NUE dolaze iz pokusa Van Sanforda i MacKowna (1986.), koji su pokazali da doprinos NUpE u ukupnoj varijaciji NUE može iznositi 54 %. Slični nalazi potvrđeni su i u istraživanju Dhugge i Wainesa (1989.), gdje je NUpE doprinijela ukupnoj učinkovitosti do 70 %, osobito u uvjetima niske i visoke dušične opskrbljenosti. Le Gouis i sur. (2000.) nadopunjuju te nalaze, ističući da je genetski doprinos NUpE iznosio 64 % u uvjetima niske opskrbe dušikom, dok se u uvjetima visoke opskrbe značajnije isticao NUtE. U kasnijim istraživanjima, Gaju i sur. (2011.) potvrđuju postojanje jakih genetskih razlika među genotipovima za iskorištavanje dušika, pri čemu su linije s izraženim „stay-green“ fenotipom zadržale fotosintetsku aktivnost u kasnijim fazama razvoja, poboljšavši tako remobilizaciju dušika u zrno. Heritabilnost svojstava povezanih s NUE-om ovisi o okolišnim uvjetima i vrsti komponente. Masclaux-Daubresse i sur. (2010.) u svojoj analizi navode da se heritabilnost aktivnosti glutamin sintetaze, razine proteina i indeksa remobilizacije u listovima kreće između 0,4 i 0,7. Molekularna istraživanja dodatno su proširila razumijevanje genetske osnove, pa su identificirani brojni QTL-ovi za svojstva povezana s NUE, uključujući regije genoma na kromosomima 2D i 6A povezane s preraspodjelom dušika u kasnim fazama razvoja (Foulkes i sur., 2009.).

Osjetljivost genotipova na različite agroekološke uvjete naglašava važnost analize interakcije genotip \times okoliš ($G \times E$) u planiranju oplemenjivačkih programa. Brancourt-Hulmel i sur. (2005.) u svom pokusu s 270 oplemenjivačkih linija pšenice pokazali su da je selekcija isključivo u uvjetima visokih ulaganja nedovoljna za poboljšanje svojstava u okolišima niske opskrbljenosti dušikom. Autori su zaključili da su okoliši niskih ulaganja ključni za otkrivanje genotipova s adaptivnim osobinama relevantnima za ekološku i održivu poljoprivredu. Sličan zaključak donose Ortiz-Monasterio i sur. (1997.), koji su tijekom višegodišnjih pokusa na CIMMYT linijama utvrdili da je $G \times E$ interakcija ključna za interpretaciju fenotipske varijabilnosti NUE, osobito jer je doprinos NUpE i NUtE ovisio o razini opskrbe dušikom i o okolišnim uvjetima. Njihovo istraživanje preporuča selekciju pod srednjim do visokim razinama opskrbe dušikom, kako bi se poboljšala učinkovitost selekcije i izbjegla podcijenjenost potencijala genotipova u manje stresnim uvjetima.

Genomska selekcija (GS) i selekcija potpomognuta markerima (MAS) omogućuju identifikaciju alela i regija genoma povezanih s komponentama NUE te se sve češće

primjenjuju u oplemenjivanju pšenice za selekciju linija koje kombiniraju visoku genetsku stabilnost i ekološku učinkovitost (He i sur., 2015.). Fenotipizacija visoke propusnosti, uključujući mjerenje NDVI (normalizirani razlikovni vegetacijski indeks) i hiperspektralno snimanje, dodatno povećavaju točnost selekcije omogućujući ranu procjenu adaptivnih osobina genotipova u pokusima u više okoliša (Araus i Cairns, 2014.).

1.1.9. G×E interakcije i selekcijska strategija za poboljšanje učinkovitosti korištenja dušika (NUE)

Jedan od najvećih izazova u oplemenjivanju pšenice za poboljšanu učinkovitost korištenja dušika (NUE) leži u kompleksnosti interakcija između genotipa (G), okolišnih uvjeta (E) te njihovih međusobnih interakcija (G×E) (Ortiz-Monasterio i sur., 1997.). Budući da učinkovitosti usvajanja (NUpE) i iskorištavanja dušika (NUtE) snažno ovise o okolišnim uvjetima poput dostupnosti vode, temperature, plodnosti tla, teksture, mikrobiološke aktivnosti i intenziteta gnojidbe, iste genetske osobine ne rezultiraju nužno istim fenotipskim odgovorima u različitim agroekološkim zonama.

Kao što ističu Ortiz-Monasterio i sur. (1997.), doprinos komponenti NUE (NUpE i NUtE) varira ovisno o razini opskrbljenosti dušikom: pri niskim razinama, usvajanje dominira kao čimbenik varijabilnosti, dok je u uvjetima visoke dostupnosti presudna učinkovitost preraspodjele dušika. Ovo otkriće iz temelja mijenja pristup selekciji jer jasno implicira da jednokratna selekcija u standardiziranim uvjetima nije dovoljna za razvijanje genotipova s visokom stabilnošću i širokom adaptacijom. Upravo u tom kontekstu postaje ključno razumijevanje G×E interakcija. G×E interakcije znače da različiti genotipovi različito reagiraju na promjene u okolišnim uvjetima te se performanse jednog genotipa mogu drastično mijenjati u ovisnosti o lokaciji, sezoni i razini inputa. Brancourt-Hulmel i sur. (2005.) proveli su opsežno istraživanje na 270 oplemenjivačkih linija pšenice i njihovih roditelja u šest različitih agroekoloških uvjeta. Pokazalo se da selekcija provedena samo u okolišima visokih inputa (visoka N gnojidba) ne rezultira u poboljšanju performansi u niskim ulaznim sustavima, poput organskih gospodarstava. Autori zaključuju da ciljana selekcija u uvjetima niskog unosa dušika rezultira boljim identifikacijama tolerantnih genotipova te maksimizira genetsku dobit. Dodatnu potvrdu donose Przystalski i sur. (2008.), u čijem se radu preporuča kombinacija podataka iz organskih i konvencionalnih pokusa, upravo kako bi se optimalno procijenio selekcijski odgovor u različitim sustavima proizvodnje. Međutim, Annicchiarico i sur. (2010.) ukazuju da u nekim slučajevima selekcija u konvencionalnim sustavima može biti podjednako

učinkovita kao i u organskim, osobito ako se cilja na adaptaciju genotipa za stabilne agronomske osobine (npr. prinos u stresnim uvjetima).

U okolnostima sve izraženijih klimatskih promjena, genotipovi sa stabilnim fenotipskim odgovorima, ali i s izraženim agronomskim performansama u ciljanim okolišima, predstavljaju idealne kandidate za selekciju. Jedan od primjera selekcijske učinkovitosti je pokus Cormier i sur. (2013.) u kojem je zabilježeno da se NUE u francuskim sortama pšenice povećavao za 0,37 % godišnje pod niskim, i za 0,30 % pod visokim razinama dušika između 1985. i 2010. godine. Njihovi rezultati potvrđuju kako dugoročna selekcija u više okoliša, praćena standardiziranom gnojdbom, može povećati učinkovitost kombiniranim napretkom u NUpE i NUtE. U konačnici, uspješna selekcijska strategija za povećanje NUE mora biti višerazinska i okolišno-specifična, uključivati GxE analize i biti usmjerena na identifikaciju genotipova koji pokazuju visoku učinkovitost dušika, bilo putem usvajanja, iskorištenja ili obje komponente.

1.1.10. Indeksi stresa za evaluaciju genotipova pod uvjetima niske opskrbljenosti dušikom

U kontekstu selekcije genotipova pšenice s visokom učinkovitošću korištenja dušika (NUE), osobito u uvjetima ograničene opskrbljenosti dušikom, sve se više koristi primjena kvantitativnih indeksa stresa. Ovi indeksi omogućuju procjenu prinosa i stabilnosti genotipova u više okolišnih scenarija, osobito stresnih uvjeta, na znanstveno utemeljen i kvantificiran način. Njihova uporaba postaje ključna u selekcijskim programima jer omogućuju objektivno vrednovanje genetskih resursa prema njihovoj tolerantnosti i adaptivnosti na smanjenu opskrbljenost dušikom.

Fernandez je (1992.) prvi sustavno razvrstao genotipove prema njihovim performansama u različitim uvjetima, koristeći indekse koji omogućuju diferencijaciju između stabilnih genotipova i onih s visokim prinosima samo u jednim uvjetima. Prema njegovoj klasifikaciji, genotipovi koji pokazuju visoke vrijednosti i u stresnim i u optimalnim uvjetima imaju najveći potencijal za selekciju. Khan i sur. (2016.) u studiji na 20 genotipova pšenice pokazali su da indeksi stresa GMP i STI najbolje koreliraju s ukupnim prinosom, dok je TOL bio korisniji za identifikaciju genotipova osjetljivih na stres. Autori ističu da je primjena više indeksa istovremeno najpouzdaniji pristup za identifikaciju stabilnih i tolerantnih genotipova. Zhao i sur. (2019.) nadalje potvrđuju da SSI i TOL mogu imati ograničenja, jer ne razlikuju genotipove koji dobro uspijevaju u oba uvjeta od onih koji su specifično prilagođeni samo stresnim uvjetima. Autori predlažu primjenu višekriterijskog ocjenjivanja, u kojem se koriste kombinacije MP, GMP, STI i HM za višedimenzionalnu klasifikaciju genotipova.

Primjena jednog indeksa može dovesti do selekcijske pogreške jer favorizira određeni aspekt odgovora na stres. Na primjer, MP favorizira visoke prosječne prinose, ali ne nužno stabilnost. S druge strane, GMP i STI ističu genotipove s konzistentnim performansama. Zbog toga je višekriterijska selekcija temelj za objektivno vrednovanje genotipova, osobito u uvjetima niske opskrbljenosti dušikom.

Ovakav pristup omogućava:

- razlikovanje genotipova koji imaju visoku plastičnost,
- identifikaciju stabilnih genotipova s malom varijacijom između okoliša,
- selekciju genotipova za ciljane agroekološke zone.

Indeksi stresa također se mogu integrirati s GGE biplot analizama i multivarijantnim metodama, što dodatno povećava selekcijsku točnost i smanjuje rizik od pogrešne klasifikacije genetskog potencijala.

1.1.11. Fiziološki i morfološki indikatori adaptacije pšenice na smanjenu opskrbu dušikom

U uvjetima smanjene opskrbljenosti dušikom, uspješnost rasta i razvoja pšenice ovisi o nizu fizioloških i morfoloških odgovora biljke, koji u konačnici determiniraju učinkovitost usvajanja (NUpE) i iskorištavanja dušika (NUE). Genotipovi pšenice koji su tolerantni na dušični stres prepoznaju se po nizu adaptivnih osobina koje uključuju poboljšano usvajanje dušika iz tla, njegovu učinkovitiju preraspodjelu i korištenje u procesu sinteze biomase i zrna, uz očuvanje ključnih morfoloških i fotosintetskih struktura (Gaju i sur., 2011.).

Jedan od najvažnijih pokazatelja adaptacije je dužina i gustoća korijenovog sustava. Genotipovi s dubokim i razgranatim korijenovim sustavima imaju bolju sposobnost eksploracije volumena tla i usvajanja raspoloživog dušika, osobito u dubljim horizontima. Tzv. „N-efficient“ genotipovi pokazuju povećanu koncentraciju lateralnih korijenčića i veću ukupnu površinu korijena u stresnim uvjetima, što im omogućuje učinkovitije usvajanje mineralnog dušika u obliku NO_3^- i NH_4^+ (Liao i sur., 2004.). Na razini nadzemnog dijela biljke, očuvanje lista zastavičara i kasno zatvaranje puči u uvjetima niskog N smatra se jednim od ključnih morfoloških i fizioloških mehanizama za očuvanje asimilacijske površine i produženje perioda aktivne fotosinteze. Gaju i sur. (2011.) pokazali su da „stay-green“ fenotip, karakteriziran očuvanjem zelenog tkiva tijekom punjenja zrna, omogućuje bolju preraspodjelu dušika i ugljikovih spojeva u zrno te pozitivno korelira s visokom NUE. S fotosintetskog aspekta, genotipovi tolerantni na N-stres pokazuju veću maksimalnu fotosintetsku brzinu (A_{max}), stabilnije vrijednosti fluorescencije klorofila (F_v/F_m) te očuvanje koncentracije pigmenta

klorofila a/b, što sve skupa rezultira višim asimilacijskim potencijalom po jedinici N. Visoka fotosintetska učinkovitost omogućava bolji rast i akumulaciju suhe tvari unatoč niskim razinama dušika u tlu (Lawlor, 2002.).

Fiziološka preraspodjela dušika iz vegetativnih organa u zrno također predstavlja ključnu komponentu tolerantnog fenotipa. Visoka aktivnost enzima glutamin sintetaze (GS1) u listovima u fazi senescencije korelira s povećanom mobilizacijom dušika u urode, čime se osigurava ne samo visoka NUtE, već i poboljšana proteinska kvaliteta zrna (Habash i sur., 2007.). Genotipovi pšenice koji pokazuju efikasnu remobilizaciju dušika često imaju manju ukupnu dušičnu akumulaciju u biomasi, ali višu učinkovitost pretvorbe N u ekonomski prinos.

Uz navedeno, indeks površine lista (LAI) i specifična lisna masa (SLA) predstavljaju korisne morfološke indikatore u ocjeni odgovora genotipa na N-stres. Genotipovi s višim LAI zadržavaju veću fotosintetsku površinu, dok viši SLA korelira s adaptacijom u uvjetima ograničene opskrbe nutrijentima (Reynolds i sur., 2000.). Na razini cijele biljke, omjer zrna prema ukupnoj biomasi (Harvest Index – HI) ostaje jedan od najznačajnijih integrativnih pokazatelja učinkovitosti korištenja dušika. Genotipovi koji održavaju visok HI unatoč smanjenju ukupne akumulacije biomase pokazuju adaptaciju alokacijom resursa prema reproduktivnim organima, što je ključno za očuvanje prinosa. Treba naglasiti da svi ovi pokazatelji moraju biti analizirani u kontekstu okolišnih uvjeta i razine opskrbljenosti dušikom, jer je njihova ekspresija i korisnost za selekciju ovisna o interakciji genotipa s agroekosistemom. Integracija morfoloških i fizioloških parametara u selekcijski protokol omogućuje povećanu preciznost selekcije i identificiranje genotipova s adaptivnim potencijalom za niske inputne sustave.

1.1.12. Uloga selekcije u razvoju genotipova tolerantnih na stres dušičnog deficita u kontekstu klimatskih promjena

Učinkovito upravljanje dušikom u poljoprivredi postaje sve složenije zbog izraženih klimatskih promjena koje destabiliziraju obrasce oborina, temperature i mikrobiološku dinamiku tla (Fowler i sur., 2013.). U takvom kontekstu, genetska selekcija genotipova tolerantnih na smanjenu opskrbljenost dušikom postaje ključna strategija za osiguravanje stabilne i održive proizvodnje pšenice. Razvoj genotipova s visokom učinkovitošću korištenja dušika (NUE) omogućava postizanje visokih prinosa uz smanjen unos gnojiva, čime se smanjuje emisija stakleničkih plinova i eutrofikacija.

Klimatske promjene mijenjaju dostupnost i dinamiku dušika u tlu. Povećane temperature potiču ubranu mineralizaciju i denitrifikaciju, a nepravilni obrasci padalina povećavaju ispiranje nitrata. Time dolazi do češće pojave razdoblja privremenog ili kroničnog dušičnog deficita. Stoga su genotipovi koji zadržavaju visoke vrijednosti NUpE i NUtE pod takvim uvjetima nužni za adaptaciju budućih agroekosustava (Zhu i sur., 2020.). Moderno oplemenjivanje primjenjuje selektivne pritiske u uvjetima niske opskrbljenosti dušikom kako bi identificiralo genotipove s otpornim fiziološkim i genetskim profilom. Istraživanja koja su proveli Van Sanford i MacKown (1986.) i Dhugga i Waines (1989.) demonstrirala su da genetska varijabilnost za NUpE i NUtE postoji među pšeničnim genotipovima, te da selekcija pod ograničenom opskrbljenošću dušikom može rezultirati identifikacijom genotipova s poboljšanom efikasnošću. Le Gouis i sur. (2000.) i Gaju i sur. (2011.) dodatno potvrđuju da je genetska kontrola komponenti NUE kompleksna i okolišno ovisna, a selekcija treba obuhvatiti više okolišnih scenarija kako bi se postigla stabilnost performansi. G×E interakcije značajno utječu na ekspresiju alela povezanih s usvajanjem dušika, te na razine ekspresije ključnih gena poput NRT1.1, GS1 i AMT1. Strategija selekcije se stoga mora temeljiti na testiranju genotipova u više godina i lokacija, s kvantitativnim ocjenjivanjem fizioloških parametara i integracijom molekularnih markera. Kao što ističu Ortiz-Monasterio i sur. (1997.), selekcija pod srednjim do visokim razinama dušika omogućuje razlikovanje genotipova prema NUtE, dok selekcija pri niskim razinama pogoduje identifikaciji genotipova s visokim NUpE. Kombinirana selekcija omogućava razvoj genotipova s uravnoteženim komponentama NUE, što je od esencijalne važnosti u klimatski nestabilnim uvjetima. Brancourt-Hulmel i sur. (2005.) pokazali su da selekcija u uvjetima visokih inputa ne osigurava genetsku dobit za okoliše niskih ulaganja, što implicira da selekcija mora biti okolišno-specifična i usmjerena prema sustavima koji reflektiraju klimatsku realnost regije. Takav pristup također podržavaju Przystalski i sur. (2008.), koji zagovaraju paralelnu selekciju u organskim i konvencionalnim sustavima.

Uz tradicionalne metode, sve se više koristi genomska selekcija i QTL mapiranje svojstava vezanih uz NUE. Identificirani su brojni QTL-ovi za učinkovitost iskorištavanja N, a razvoj marker-asistirane selekcije (MAS) omogućava ubranu selekciju u ranim generacijama. Korištenje transkriptomskih podataka i ekspresijskih profila u stresnim uvjetima također daje dodatne informacije o genskim mrežama koje reguliraju odgovor na dušični stres (Xu i sur., 2012.). Strategija selekcije mora biti integrativna, obuhvaćati agroekološke podatke, fiziološke indikatore, molekularne markere i validaciju višegodišnjim pokusima. Samo tako je moguće razviti pšenicu koja neće biti ovisna o visokoj gnojidbi, već će uz genetsku otpornost i prilagodbu postići stabilne prinose u uvjetima buduće klimatske nesigurnosti.

1.1.13. Povijesni napredak u selekciji za NUE

Povijesni pregled selekcijskih strategija u oplemenjivanju pšenice za učinkovitost korištenja dušika (NUE) pokazuje postupni, ali značajan napredak u razumijevanju genetske kontrole usvajanja i iskorištavanja dušika. Od početnih empirijskih selekcija na prinos u standardnim uvjetima, oplemenjivačke strategije su se tijekom desetljeća razvile prema ciljanom poboljšanju komponenti NUE, pri čemu je znanstveni doprinos instituta poput CIMMYT-a, INRA-e i nacionalnih genetičkih programa bio ključan.

Jedan od prvih sustavno dokumentiranih napredaka zabilježen je u istraživanju koje su proveli Ortiz-Monasterio i sur. (1997.), gdje je analizirana jara pšenica iz programa CIMMYT-a između 1962. i 1985. godine. Autori su pokazali da se NUE povećavao od 0,4 % do 1,1 % godišnje, ovisno o opskrbljenosti dušikom. Zanimljivo je da su komponentni doprinosi ovom poboljšanju bili raznoliki: pri niskim razinama dušika, NUpE je bio dominantan čimbenik, dok je pri visokim razinama presudnu ulogu imao NUtE. Ovi podaci potvrđuju da se povijesni napredak u selekciji nije temeljio na jednoj komponenti, već na kompleksnoj interakciji morfoloških i fizioloških mehanizama. Slične trendove u kasnijem razdoblju bilježe Cormier i sur. (2013.) za francuske genotipove pšenice. U razdoblju od 1985. do 2010. godine uočeno je da se NUE poboljšavao za 0,37 % godišnje u uvjetima niske opskrbljenosti N, odnosno 0,30 % godišnje u uvjetima visoke opskrbe. Ovo poboljšanje povezano je s genetskim napretkom, jer nije došlo do promjene u intenzitetu gnojidbe. Autori zaključuju da su moderni genotipovi razvijeni putem selekcije imali poboljšanu fiziološku učinkovitost, osobito u smislu preraspodjele i remobilizacije dušika. Na globalnoj razini, značajan doprinos bilježe i Tadesse i sur. (2019.), koji analiziraju trendove produktivnosti pšenice u programima međunarodnog oplemenjivanja. Istraživanje pokazuje da su novi genotipovi rezultirali povećanjem prinosa od 2,53 % godišnje od vremena prije Zelene revolucije do kraja 20. stoljeća. Iako se genetski napredak nije isključivo temeljio na selekciji za NUE, povećana učinkovitost dušika bila je neizbježna posljedica selekcije za visoki prinos i stresnu otpornost u više okolišnih uvjeta.

Selekcijski trendovi variraju između regija. U područjima koja koriste visoke inpute u proizvodnji, kao što je na primjer zapadna Europa, fokus selekcije bio je usmjeren na poboljšanje NUtE kako bi se očuvala visoka razina prinosa unatoč zasićenju N gnojidbom. Nasuprot tome, u regijama s ograničenim resursima – dijelovi Afrike, Indije i dijelovi istočne Europe – selekcijski naponi usmjereni su na poboljšanje NUpE, odnosno sposobnosti usvajanja dušika iz siromašnog tla (Hirel i sur., 2007.). Povijesno gledano, selekcija na visoke prinose pod visokim dozama dušika često je rezultirala genotipovima koji nisu bili učinkoviti u

uvjetima ograničenih resursa. To je postavilo izazov modernim oplemenjivačima da razviju genotipove široke adaptabilnosti, koji zadržavaju učinkovitost i pod niskom i pod visokom opskrbljenošću dušikom. Trendovi u genomskoj selekciji, korištenju markera i stres-induciranoj fenotipskoj evaluaciji ukazuju da budući napredak u NUE ovisi o integraciji tradicionalnih i molekularnih pristupa s višelokacijskim, dugoročnim ispitivanjima (Hirel i sur., 2007.).

1.2. Ciljevi i hipoteza istraživanja

Glavni ciljevi istraživanja su:

1. Utvrditi utjecaj gnojidbe dušikom na agronomska svojstva različitih genotipova pšenice i NUE (učinkovitost korištenja dušika) te odrediti genotipove s najvećim NUE;
2. Odrediti komponente varijance i heritabilnosti za prinos i NUE pri visokoj i niskoj razini opskrbljenosti dušikom;
3. Identificirati odnos između NUE i njegovih komponenti;
4. Utvrditi korelaciju između selekcijskih indeksa stresa i prinosa te sadržaja proteina u uvjetima visoke i niske opskrbljenosti dušikom te odrediti najtolerantnije genotipove pšenice s obzirom na navedena svojstva.

Hipoteza:

1. Genotipovi ozime pšenice će pokazati razlike u agronomskim svojstvima i iskorištenju dušika (NUE) s obzirom na pristupačnost ili količinu N u različitim agroekološkim uvjetima RH.
2. Na temelju podataka o učinkovitosti korištenja dušika i indeksa stresa u uvjetima smanjene opskrbljenosti dušikom moguće će biti odabrati genotipove ozime pšenice koji će zahtijevati manji utrošak dušičnih gnojiva uz istovremeno postizanje visokih prinosa.

2. MATERIJALI I METODE RADA

2.1. Poljski pokusi

Poljski pokusi postavljeni su u dvije uzastopne vegetacijske sezone 2016./2017. i 2017./2018. na tri lokacije (Osijek, Zagreb i Poreč) pri čemu je posijano 48 genotipova ozime pšenice. Lokacije su odabrane tako da prema meteorološkim podacima DHMZ-a (temperatura zraka i količina padalina) predstavljaju različite agro-ekološke uvjete i na njima su zastupljeni različiti tipovi tla. Lokacija Osijek nalazila se u sklopu polja Poljoprivrednog instituta Osijek, lokacija Poreč u sklopu polja Instituta za poljoprivredu i turizam Poreč, a lokacija Zagreb u sklopu polja Agronomskog fakulteta Zagreb. Korišteni genotipovi ozime pšenice odabrani su prema povijesnoj i sadašnjoj značajnosti u proizvodnji pšenice te prema doprinosu pedigreu u oplemenjivačkoj germplazmi. Tako 33 genotipa potječu iz hrvatskih oplemenjivačkih instituta (Poljoprivredni institut Osijek, BC Institut), dok je ostalih 15 podrijetlom iz Rusije, Mađarske, Turske, Italije, Rumunjske, Austrije i Francuske. Značajni povijesni genotipovi su U1 registriran 1936., San Pastore registriran 1940. i Bezostaja1 registriran 1959. godine. Detaljan popis ispitivanih genotipova s godinom priznavanja, zemljom podrijetla i oplemenjivačkom institucijom nastanka nalazi se u Tablici 1.

Tablica 1. Popis ispitivanih genotipova s godinom priznavanja, zemljom podrijetla i oplemenjivačkom institucijom

ID	Genotip	Godina priznavanja	Država*/ Oplemenjivačka institucija
1	ANDELKA	2008.	HR / Poljoprivredni Institut Osijek
2	BC ANICA	2012.	HR / BC Institut Zagreb
3	BC BERNARDA	2015.	HR / BC Institut Zagreb
4	BC CERTISSA	2014.	HR / BC Institut Zagreb
5	BC DARIJA	2012.	HR / BC Institut Zagreb
6	BC IRENA	2010.	HR / BC Institut Zagreb
7	BC IRMA	2015.	HR / BC Institut Zagreb
8	BC LORENA	2012.	HR / BC Institut Zagreb
9	BC LJEPOTICA	2016.	HR / BC Institut Zagreb
10	BC OPSESIJA	2016.	HR / BC Institut Zagreb
11	BC TENA	2011.	HR / BC Institut Zagreb
12	BEZOSTAYA-1	1959.	RU/KRIA P.P. Lukyanenko
13	BOLOGNA	2001.	FR/ETS CC BENOIST
14	CALISOL	2012.	FR/SARL Adrien Momont et Fils (FR)
15	DROPIA	1993.	RO/INCDA Fundulea
16	FELIX	2007.	HR / Poljoprivredni Institut Osijek
17	FICKO	2007.	HR / Poljoprivredni Institut Osijek
18	FLAMURA 85	2011.	RO/INCDA Fundulea
19	FORCALI	2013.	FR/SARL Adrien Momont et Fils (FR)
20	GALLOPER	2015.	HR / Poljoprivredni Institut Osijek
21	GOLUBICA	1998.	HR / Poljoprivredni Institut Osijek
22	GRAINDOR	2006.	FR/Unisigma GIE (FR)
23	ISENGRAIN	1997.	FR/Florimond Desprez Veuve et Fils (FR)
24	KATARINA	2006.	HR / Poljoprivredni Institut Osijek
25	KRALJICA	2010.	HR / Poljoprivredni Institut Osijek
26	LUKULLUS	2008.	AT/Saatzucht Donau Ges.m.b.H. & CoKG

27	MIHELCA	1996.	HR / BC Institut Zagreb
28	MV-NADOR	2014.	HU/MTA Agrartudományi Kutatóközpont
29	MV-NEMERE	2013.	HU/MTA Agrartudományi Kutatóközpont
30	OSJEČKA CRVENKA	1976.	HR / Poljoprivredni Institut Osijek
31	OS-JELENA	2014.	HR / Poljoprivredni Institut Osijek
32	OS-OLIMPIJA	2009.	HR / Poljoprivredni Institut Osijek
33	PRIMA	2001.	HR / BC Institut Zagreb
34	REBEKA	2011.	HR / Poljoprivredni Institut Osijek
35	RENAN	1990.	FR/Institut National de la Recherche Agronomique
36	SAN PASTORE	1940.	IT/Istituto Nazionale di Genetica per la Cerealicoltura Cerealicoltura
37	SANA	1983.	HR / BC Institut Zagreb
38	SILVIJA	2010.	HR / Poljoprivredni Institut Osijek
39	SLAVONIJA	1984.	HR / Poljoprivredni Institut Osijek
40	SOFRU	2013.	FR/Caussade Semences S.A.
41	SRPANJKA	1989.	HR / Poljoprivredni Institut Osijek
42	TIKA-TAKA	2014.	HR / Poljoprivredni Institut Osijek
43	TOSUNBEY	2004.	TR/Field Crops Central Institut
44	UI	1936.	HR / Poljoprivredni Institut Osijek
45	VIKTORIA	2011.	HR/AgriGenetics d.o.o.
46	VULKAN	2009.	HR / Poljoprivredni Institut Osijek
47	WALDINGER	2016.	HR / Poljoprivredni Institut Osijek
48	ZLATNA DOLINA	1971.	HR / BC Institut Zagreb

*HR-Hrvatska, HU-Mađarska, FR-Francuska, RU- Rusija, RO-Rumunjska, AT- Austrija, IT-Italija, TR-Turska

Poljski pokus posijan je prema *split-plot* dizajnu u tri ponavljanja. Glavne parcele predstavljaju dvije razine gnojidbe dušikom dok 48 slučajno raspoređenih genotipova predstavljaju podparcele. Zaštitni pojas posijan je između glavnih parcela kao i oko njih. Veličina parcela u Osijeku i Poreču iznosila je 7,56 m², a u Zagrebu 4,95 m², pri čemu veličina parcele nije bila limitirajuće svojstvo u istraživanju jer je prinos sa svake parcele preračunat na prinos po hektaru. Norma sjetve iznosila je 350 zrna po m² i bila je univerzalna za sve lokacije, godine i razine gnojidbe. Kako bi se utvrdio status mineralnog dušika (N_{min}) u tlu, na svakoj je lokaciji prije sjetve provedeno uzorkovanje tla na dubini od 0 – 30 cm i 30 – 60 cm metodom prema Kromu (1980.). Sa svakog lokaliteta uzorkovanje je provedeno na navedenim dubinama uzimajući četiri uzorka po parceli koja su tvorila jedan prosječni uzorak. Odmah po vađenju uzoraka izmjerena je vlažnost tla (*Moiustere-meter*) te su uzorci prevezeni u laboratorij i u svježim uzorcima provedeno je određivanje nitratnog i amonijačnog dušika. Osnovna gnojidba obavljena je dodavanjem 100 kg ha⁻¹ uree (46 % N) i 400 kg ha⁻¹ NPK (7:20:30), što iznosi 74 kg N ha⁻¹, 80 kg P₂O₅ ha⁻¹ i 120 kg K₂O ha⁻¹. Osnovni gnojidbeni tretmani bili su:

- stanje niske opskrbljenosti dušikom (**LN**) koje je postignuto izostavljanjem prihrane dušičnim gnojivom i predstavljalo je stresne uvjete proizvodnje
- stanje visoke opskrbljenosti dušikom (**HN**) koje je postignuto dodavanjem ukupno 100 kg N ha⁻¹ u dvije prihrane i predstavljalo je optimalne uvjete proizvodnje.

U prihrani je bilo aplicirano dušično gnojivo kalcijev amonijev nitrat - KAN (27 % N), a prva prihrana provedena je u fazi busanja (GS23-25 po Zadoks i sur. 1974.) u količini od 50 kg N ha⁻¹, dok je druga prihrana s također 50 kg N ha⁻¹ provedena u fazi vlatanja (GS33-35 po Zadoks i sur. 1974.) sukladno dobroj poljoprivrednoj praksi Republike Hrvatske. Također, sukladno standardnoj praksi u komercijalnoj proizvodnji pšenice u Republici Hrvatskoj, u pokusima su za suzbijanje korova, insekata i biljnih bolesti korišteni dopušteni herbicidi, insekticidi te fungicidi.

2.2. Analiza biljnog materijala

Visina biljke (PH), od razine zemlje do vrha klasa bez osja, mjerena je običnim metrom u središnjem dijelu svake parcele na dva mjesta u fazi pune zriobe (GS 92). U istoj fazi svaka parcela ovršena je zasebno pomoću kombajna za male parcele te je izmjeren prinos i sadržaj vlage u zrnu. Prinos zrna sa svake parcele određen je vaganjem, a sadržaj vlage određen je iz poduzorka zrna mase cca. 500 g na uređaju DICKEY JOHN GAC 2100 Agri. Podaci o prinosu po hektaru dobiveni su preračunavanjem prinosa dobivenog na površini parcele. Prinos zrna pri sadržaju vlage od 0 % (GY) dobiven je preračunavanjem iz prinosa po hektaru i izmjerenog sadržaja vlage kako bi se osigurala preciznost statističkih analiza. Sadržaj proteina u zrnu (GPC) mjereno je na uređaju Infratec 1241 Grain Analyzer (FOSS, Denmark).

2.2.1. Uzorkovanje biljnog materijala za određivanje sadržaja dušika

Uzorci za analizu sadržaja dušika uzeti su u dva navrata. Prvi put u vrijeme cvatnje (GS 63 - 65), a drugi put prije žetve (GS 92). Unutar svake parcele, pomoću drvenog štapnog metra izmjerena je duljina od jedan metar reprezentativnog uzorka, čiji se kompletan nadzemni dio potom pomoću srpa požeo i spremio u papirnate vrećice. Uzorci su potom vagani te je iz njih uzet poduzorak mase otprilike 100 g (točna masa poduzorka je također bila izvagana). Poduzorci su sušeni dva dana na temperaturi 70 °C te ponovno vagani. Suhi uzorci su zatim grubo usitnjeni na modificiranom stroju za mljevenje zrna. Za kemijsku analizu biljne tvari, grubo samljeveni poduzorci dodatno su se usitnili na laboratorijskom mlinu do veličine <200 μm. Iz prikupljenih podataka određena je ukupna suha biomasa nadzemnog dijela biljaka po hektaru u fazi cvatnje (DMTA_F). Razlika u pripremi uzoraka za razaranje uzetih u cvatnji i prije žetve je bila ta da je kod uzoraka uzetih prije žetve izuzeto zrno. Klasovi su se nakon sušenja poduzorka odstranili od stabljike te su se zasebno ovršili. Zrno se odvojilo i izvagalo, a preostala pljeva se spojila sa stabljikama koje su išle na usitnjavanje. Iz prikupljenih podataka

određena je ukupna suha biomasa nadzemnog dijela biljaka po hektaru u fazi pune zriobe (DMSA) i žetveni indeks (HI).

2.2.2. Digestija biljnog materijala

Priprema biljnog materijala za određivanje sadržaja dušika provedena je postupkom mokre digestije (razaranja modificiranim postupkom Kjeldhalove digestije, Kjeldhal, 1883.), tako da je odvagano približno jedan gram fino samljevenog uzorka (odvaga na četiri decimalna mjesta), a točna odvaga zapisana je radi kasnijeg preračuna sadržaja dušika. Uzorak je prenesen u posebnu staklenu kivetu za razaranja te je preliven s 5 mL smjese sumporne i perklorne kiseline (bez dodatka katalizatora u obliku tableta). Smjesa za digestiju napravljena je miješanjem 40 mL koncentrirane perklorne kiseline ($w(\text{HClO}_4) = 70,5 \%$) s 960 mL koncentrirane sumporne kiseline ($w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 96 \%$). Preliveni uzorak stajao je otprilike 24 sata nakon čega su kivete s uzorcima stavljene u blok za razaranja koji je bio zagrijan na $360 \text{ }^\circ\text{C}$. Odmah nakon postavljanja u blok, u kivete je dodano dva puta po 5 mL koncentrirane otopine vodikovog peroksida ($w(\text{H}_2\text{O}_2) = 30 \%$). Digestija uzorka trajala je 30 minuta nakon čega su se uzorci ohladili. Ako sadržaj u kiveti nije bio bistar, po potrebi je dodano još vodikovog peroksida te se nastavilo s digestijom. Nakon hlađenja, sadržaj kivete je kvantitativno prenesen u odmjernu tikvicu od 100 mL koja je nadopunjena demineraliziranim vodom do oznake. Radi lakšeg transporta i skladištenja uzorci su iz tikvica preneseni u plastične bočice te su se čvrsto zatvorili. Digestija uzoraka napravljena je u Centralnom laboratoriju za agroekologiju i zaštitu okoliša na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti Osijek.

2.2.3. Određivanje sadržaja dušika

Sadržaj dušika u suhom biljnom materijalu u cvatnji i pred žetvu određen je metodom po Kjeldhalu na uređaju Kjeltex 8200 (FOSS, Denmark) (Kjeldhal, 1883.). Volumen od 10 mL razorenog uzorka otpipetiran je u suhu i čistu kivetu za destilaciju. Kiveta je postavljena u destilator koji je automatski dozirao 30 mL otopine natrijevog hidroksida ($w(\text{NaOH}) = 40 \%$). Nakon toga slijedila je destilacija vodenom parom koja je trajala tri minute. Destilat je prikupljen u Erlenmeyerovu tikvicu u koju je destilator automatski dozirao 10 mL smjese otopine borne kiseline ($w(\text{H}_3\text{BO}_3) = 2 \%$) i pH indikatora (metiloranž i bromkrezolzeleno). Nakon destilacije sadržaj tikvice titriran je standardnom otopinom klorovodične kiseline (HCl) množinske koncentracije $0,1 \text{ mol/L}$ do promjene boje indikatora.

Sadržaj dušika određen je prema sljedećoj formuli:

$$\%N = \frac{(V_{UZORAK} - V_{BLANK}) * 1,4008(FAKTOR) * c(HCl)}{m_{UZORKA U ALIKVOTU (u g)}}$$

Dušik iz biljnog uzorka nakon digestije nalazio se u amonijskom obliku (NH_4^+). Dodatak natrijevog hidroksida uz zagrijavanje uzrokovao je nastajanje plinovitog amonijaka, jer jača baza istiskuje slabiju iz njezine soli. Amonijak kao plin koji je dobro topljiv u vodi reagira s bornom kiselinom i povećava pH. Smjesa borne kiseline i indikatora promijenila je boju iz tamnocrvene u zelenu kako se amonijak otapao. Suvišak amonijevih iona titriran je klorovodičnom kiselinom pri čemu je zelena boja prešla u ljubičastu. Iz prikupljenih podataka određen je sadržaj dušika u biljci u cvatnji (NT_F) i sadržaj dušika u suhoj slami (NS).

2.3. Analiza agronomskih svojstava

U ovom istraživanju mjerena su 22 agronomska svojstva kako bi se odredio utjecaj različitih razina gnojidbe dušikom. Od 22 analiziranih agronomskih svojstava njih se sedam mjerilo direktno: prinos (GY), sadržaj proteina u zrnu (GPC), visina biljke (PH), masa suhe tvari nadzemnog djela biljke u cvatnji (DMTA_F), masa suhe tvari nadzemnog djela biljke u žetvi (DMSA), udio dušika u biljci u cvatnji (NT_F) i udio dušika u suhoj slami (NS). Agronomska svojstva koja su se mjerila direktno prikazana su s mjernim jedinicama u Tablici 2.

Tablica 2. Popis svojstava s mjernom jedinicom

Svojstvo	Mjerna jedinica
Prinos (GY)	kg DM ha ⁻¹
Sadržaj proteina u zrnu (GPC)	%
Visina biljke (PH)	cm
Masa suhe tvari nadzemnog djela biljke u cvatnji (DMTA_F)	kg DM ha ⁻¹
Masa suhe tvari nadzemnog djela biljke u žetvi (DMSA)	kg DM ha ⁻¹
Udio dušika u biljci u cvatnji (NT_F)	%
Udio dušika u suhoj slami (NS)	%

Preostala agronomska svojstva su se računala koristeći mjerena agronomska svojstva. Njihov popis s formulom za računanje i mjernom jedinicom prikazan je u Tablici 3. Žetveni indeks (HI) dobiven je iz omjera mase suhog zrna u poduzorku te mase samog suhog poduzorka u

žetvi. Ukupan sadržaj dušika u zrnu (GNY) predstavlja umnožak prinosa zrna (GY), sadržaja proteina u zrnu (GPC) u decimalnom obliku i faktora za korekciju (5,7). Ukupni dušik u nadzemnom dijelu biljke u cvatnji (NTA_F) je umnožak NT_F i DMTA_F. Ostala agronomska svojstva koja su se računala su: količina dušika u suhoj slami (NSA), ukupan dušik u nadzemnom dijelu biljke u žetvi (NTA), ukupan dušik dostupan usjevu (NTA_{max}) i dušični žetveni indeks (NHI), učinkovitost korištenja dušika (NUE), učinkovitost usvajanja dušika (NUpE), učinkovitost iskorištenja dušika (NUtE), učinkovitost iskorištenja dušika za protein (NUtE_PROT), učinkovitost korištenja dušika za protein (NUE_PROT), učinkovitost remobilizacije dušika (NREM), učinkovitost proizvodnje biomase (BPE) i usvajanje dušika poslije cvatnje (PANU). NSA predstavlja umnožak NS i DMSA, dok NTA pokazuje umnožak NSA i GNY. NTA_{max} predstavlja 95-i percentil NTA za svaku ispitivanu okolinu. NHI pokazuje omjer GNY i NTA, dok se NUE računa kao omjer GY i NTA_{max}. NUtE je omjer GY i NTA, a NUpE je omjer NTA i NTA_{max}. Analogno NUE i NUtE, za računanje NUE_PROT i NUtE_PROT se umjesto GY koristi GPC. NREM se računa kao razlika između NTA_F i NSA podijeljena s NTA_F, dok se BPE računa kao zbroj GY i DMSA podijeljen s NTA. PANU je razlika između NTA i NTA_F.

Tablica 3. Popis izvedenih svojstava s formulom računanja i mjernom jedinicom

Svojstvo	Formula za računanje	Mjerna jedinica
Žetveni indeks (HI)	$HI = \frac{m_{\text{zrno poduzorak}}}{m_{\text{poduzorak}}}$	%
Ukupni dušik u nadzemnom djelu biljke u cvatnji (NTA_F)	$NTA_F = NT_F * DMTA_F$	kg N ha ⁻¹
Ukupni dušik u suhoj slami (NSA)	$NSA = NS * DMSA$	kg N ha ⁻¹
Ukupni dušik u zrnu (GNY)	$GNY = \frac{GPC}{100} * 5,7 * GY$	kg N ha ⁻¹
Ukupan dušik u nadzemnom djelu biljke u žetvi (NTA)	$NTA = NSA + GNY$	kg N ha ⁻¹
Ukupan dušik dostupan usjevu (NTA _{max})	$NTA_{max} = 95\text{percentil } NTA$	kg N ha ⁻¹
Dušični žetveni indeks (NHI)	$NHI = \frac{GNY}{NTA}$	%
Učinkovitost korištenja dušika (NUE)	$NUE = \frac{GY}{NTA_{max}}$	kg DM kg ⁻¹ N
Učinkovitost usvajanja dušika (NUpE)	$NU_{pE} = \frac{NTA}{NTA_{max}}$	%
Učinkovitost iskorištenja dušika (NUtE)	$NU_{tE} = \frac{GY}{NTA}$	kg DM kg ⁻¹ N
Učinkovitost iskorištenja dušika za protein (NUtE_PROT)	$NU_{tE_PROT} = \frac{GPC}{NTA}$	% protein kg ⁻¹ N ha ⁻¹

Učinkovitost korištenja dušika za protein (NUE_PROT)	$NUE_PROT = \frac{GPC}{NTA_{max}}$	% protein kg ⁻¹ N ha ⁻¹
Učinkovitost remobilizacije dušika (NREM)	$NREM = \frac{NTA_F - NSA}{NTA_F} * 100$	%
Učinkovitost proizvodnje biomase (BPE)	$BPE = \frac{GY + DMSA}{NTA}$	kg DM kg ⁻¹ N
Usvajanje dušika poslije cvatnje (PANU)	$PANU = NTA - NTA_F$	kg N ha ⁻¹

2.4. Izračun indeksa stresa u uvjetima smanjene opskrbljenošću dušikom

Dva agronomska svojstva (prinos (GY) i sadržaj proteina u zrnu (GPC)) za svih 48 genotipa ozime pšenice, pri stanju visoke i niske opskrbljenosti dušikom, korištena su u analiziranju indeksa stresa na produktivnost i osjetljivosti. Ispitivani indeksi stresa su: prosječna produktivnost (MP), geometrijska prosječna produktivnost (GMP), harmonijska produktivnost (HM), indeks tolerantnosti na stres (STI), indeks prinosa (YI), indeks stabilnosti prinosa (YSI), indeks relativnog stresa (RSI), tolerantnost (TOL), indeks osjetljivosti na stres (SSI). Detaljan prikaz indeksa stresa i formule za računanje za prinos zrna nalazi se u Tablici 4. (Pour-Aboughadareh i sur. 2019.). Oznaka Y_p je vrijednost prinosa zrna pri uvjetima visoke opskrbljenosti dušikom, a oznaka Y_s je vrijednost prinosa zrna pri niskoj opskrbljenosti za pojedini genotip pšenice. Y_{mp} i Y_{ms} predstavljaju srednje vrijednosti prinosa zrna za sve ispitivane genotipove pri visokoj i niskoj opskrbljenosti dušikom, kako je naznačeno. Za sadržaj proteina u zrnu korištene su druge oznake: P_p predstavlja vrijednost sadržaja proteina u zrnu pri uvjetima visoke opskrbljenosti dušikom, a P_s vrijednost prinosa zrna pri niskoj opskrbljenosti za pojedini genotip pšenice, dok P_{mp} i S_{ms} predstavljaju srednje vrijednosti sadržaja proteina u zrnu za sve ispitivane genotipove pri visokoj i niskoj opskrbljenosti dušikom. Indeksi stresa izračunati su koristeći iPASTIC – online kalkulator za indekse abiotskog stresa (<https://manzik.com/ipastic/>).

Tablica 4. Indeksi stresa i formule za računanje

Indeksi stresa	Formula	Preferirana vrijednost indeksa
Prosječna produktivnost (MP)	$MP = \frac{Y_p + Y_s}{2}$	Visoka
Geometrijska prosječna produktivnost (GMP)	$GMP = \sqrt{Y_p \times Y_s}$	Visoka
Harmonijska produktivnost (HM)	$HM = \frac{2 \times Y_p \times Y_s}{Y_s + Y_p}$	Visoka
Indeks tolerantnosti na stres (STI)	$STI = \frac{Y_p \times Y_s}{Y_{mp}^2}$	Visoka

Indeks prinosa (YI)	$YI = \frac{Ys}{Yms}$	Visoka
Indeks stabilnosti prinosa (YSI)	$YSI = \frac{Ys}{Yp}$	Visoka
Indeks relativnog stresa (RSI)	$RSI = \frac{\frac{Ys}{Yp}}{\frac{Yms}{Ymp}}$	Visoka
Tolerantnost (TOL)	$TOL = Yp - Ys$	Niska
Indeks osjetljivosti na stres (SSI)	$SSI = \frac{1 - \frac{Ys}{Yp}}{SI} \quad SI = 1 - \frac{Yms}{Ymp}$	Niska

2.5. Statistička obrada podataka

Sve statističke analize provedene su u računalnom programu R (R Development Core Team 2013.). U obradi podataka korištena su tri linearna modela opisana u istraživanju Cormier i suradnika (2013.). Prvi linearni model u kojem su srednje vrijednost najmanjih kvadrata računat je koristeći genotipove i ponavljanja kao fiksne efekte:

$$Y_{ij} = \mu + REP + GEN_i + \varepsilon$$

gdje je Y_{ij} fenotip genotipa i u analizi svake pojedine kombinacije lokacije, sezone i tretmana razine dušika, μ je opći prosjek, REP je fiksni efekt ponavljanja, GEN_i je fiksni efekt genotipa i , a ε su reziduali. Tako dobivene prilagođene srednje vrijednosti korištene su u ostala dva modela kako bi se odredio doprinos glavnih efekata i utjecaj interakcija.

Drugi linearni model:

$$Y_{ijl} = \mu + N_l + GEN_i + ENV_j + N_l \times GEN_i + N_l \times ENV_j + GEN_i \times ENV_j + \varepsilon_{ijl}$$

gdje je Y_{ijl} fenotip genotipa i u okolini j pri dušičnom tretmanu l (0 kg/ha ili 100 kg/ha dodanog dušika u prihrani), μ je opći prosjek, N_l je fiksni efekt tretmana razine dušika l , GEN_i je slučajni aditivni efekt genotipa i , ENV_j je slučajni efekt okoline j (kombinacija sezone i lokacije), $N_l \times GEN_i$; $N_l \times ENV_j$; $GEN_i \times ENV_j$ su slučajne interakcije, ε_{ijl} su reziduali.

Treći linearni model:

$$Y_{ij} = \mu + GEN_i + ENV_j + \varepsilon_{ij}$$

gdje je Y_{ij} fenotip genotipa i u okolini j u pojedinom dušičnom tretmanu kroz okoline, μ je opći prosjek, GEN_i je slučajni aditivni efekt genotipa i , ENV_j je slučajni efekt okoline j (kombinacija sezone i lokacije), ε_{ij} su reziduali.

Procjena komponenti varijance i testiranje njihovih značajnosti provedena je u računalnom programu R koristeći *lme4* paket. Linearne nepristrane predikcije (BLUP vrijednosti) su računane također u programu R iz izvornih podataka za agronomska svojstva. Za testiranje razlika između tretmana gnojidbe korištena je usporedba razina značajnosti komponenti varijanci procijenjenih u drugom i trećem linearnom modelu.

Heritabilnost za sva agronomska svojstva je računata po formuli Cullis i sur. (2006.):

$$H = 1 - PEV / (2 \times \sigma_g^2)$$

gdje je H heritabilnost, PEV (average pairwise prediction error variance) je prosječna greška varijance, a σ_g^2 slučajna genetička varijanca. Genetička korelacija (r_g) između istog ispitivanog svojstva pri dvije različite gnojidbe izračunata je prema formuli:

$$r_g = Cov_{trait\ LN:HN} / \sqrt{(\sigma_{g-trait\ LN}^2 \times \sigma_{g-trait\ HN}^2)}$$

gdje je $Cov_{trait\ LN:HN}$ kovarijanca između dvije razine gnojidbe za isto svojstvo, $\sigma_{g-trait\ LN}^2$ slučajna genetička varijanca za isto svojstvo pri niskoj razini dušika, a $\sigma_{g-trait\ HN}^2$ – slučajna genetička varijanca za određeno svojstvo pri visokoj razini dušika. Izračun generalizirane heritabilnosti i genetičke korelacije proveden je u računalnom programu R koristeći paket *sommer*.

Predviđeni korelirani odziv svojstva u uvjetima niske opskrbljenosti dušikom sa selekcijom temeljenom na prosjeku svojstva u uvjetima visoke razine opskrbljenosti (CR_{LN}) relativan prema predviđenom odzivu za direktnu selekciju u uvjetima niske razine dušika (R_{LN}) je izračunat prema formuli iz Falconer i Mackay (1996.):

$$CR_{LN}/R_{LN} = r_g \times \sqrt{(H_{HN}/H_{LN})}$$

Gdje je r_g genetička korelacija između prosjeka za određeno svojstvo pri obje razine gnojidbe, dok je H_{HN} i H_{LN} generalizirana heritabilnost pri uvjetima visoke i niske opskrbljenosti dušikom. Kako bi se izbjegla pristranost, dopušten je prijelaz gornje granične vrijednosti 1 za vrijednosti procijenjene genetičke korelacije, dok su inače ograničena na ≤ 1 kako bi se dobile razumne vrijednosti indirektno selekcije (prema Weber i sur., 2012. i Šarčević i sur., 2014.).

Za procjenu jačine korelacijske veze ispitivanih agronomskih svojstava korištena je skala iz istraživanja Evansa (1996.) gdje vrijednost jačine korelacije opisuju kao vrlo slabu korelaciju od 0,00 do 0,19, slabu korelaciju od 0,20 do 0,39, srednju korelaciju od 0,40 do 0,59, jaku korelaciju od 0,60 do 0,79, a kao vrlo jaku korelaciju od 0,80 do 1,00.

Linearna regresija između godine priznavanja genotipova i ispitivanih agronomskih svojstava izračunata je na temelju prilagođenih srednjih vrijednosti, dok je linearna regresija između NUE i njegovih komponenti (NUtE i NUpE) i prinosa te sadržaja proteina u zrnju računata koristeći najbolje linearne nepristrane predikcije (BLUP vrijednosti) genotipa ovisno o tretmanu gnojidbe, na osnovi izvornih podataka po parceli. Ovi izračuni provedeni su u računalnom programu R koristeći funkciju *lm* te pakete *ggplot2* *ggmisc* i *ggpubr*.

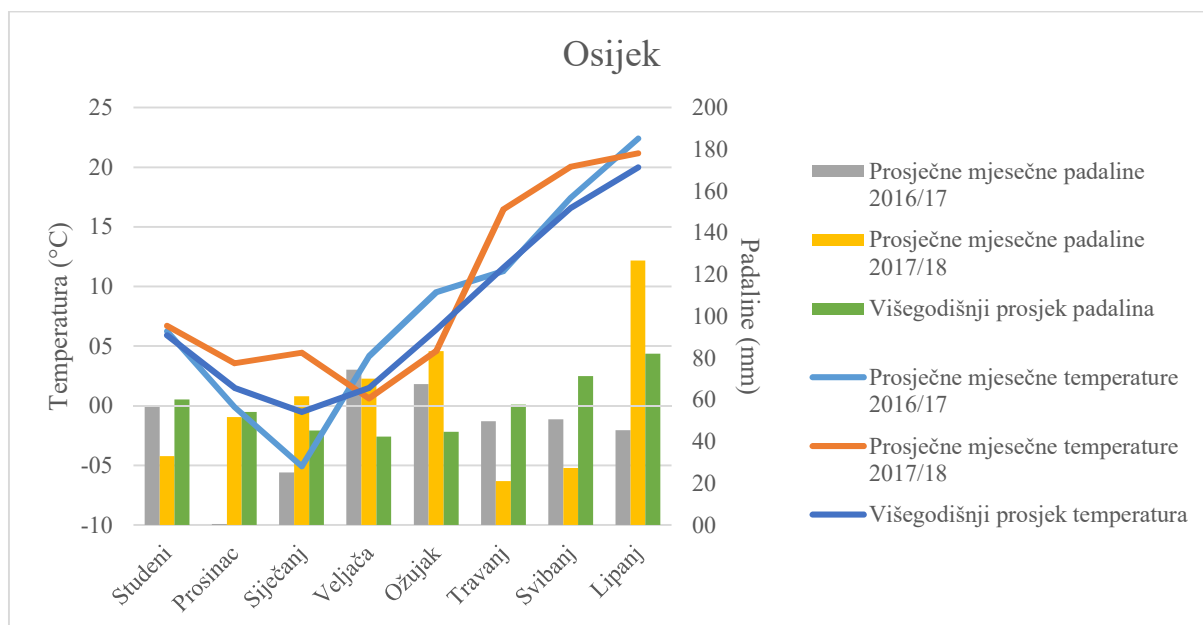
PCA analiza (Principal component analysis) provedena je koristeći računalni program R. Kao varijable su korištene BLUP vrijednosti prinosa i sadržaja proteina u zrnju za svaki genotip pri LN i HN te izračunate vrijednosti indeksa stresa. PCA analiza je rađena na korelacijskoj matrici. GGE (Genotype plus Genotype by Environment interaction) biploti su konstruirani u računalnom programu R koristeći paket *ggbiplot*.

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

3.1. Vremenske prilike na ispitivanim lokacijama

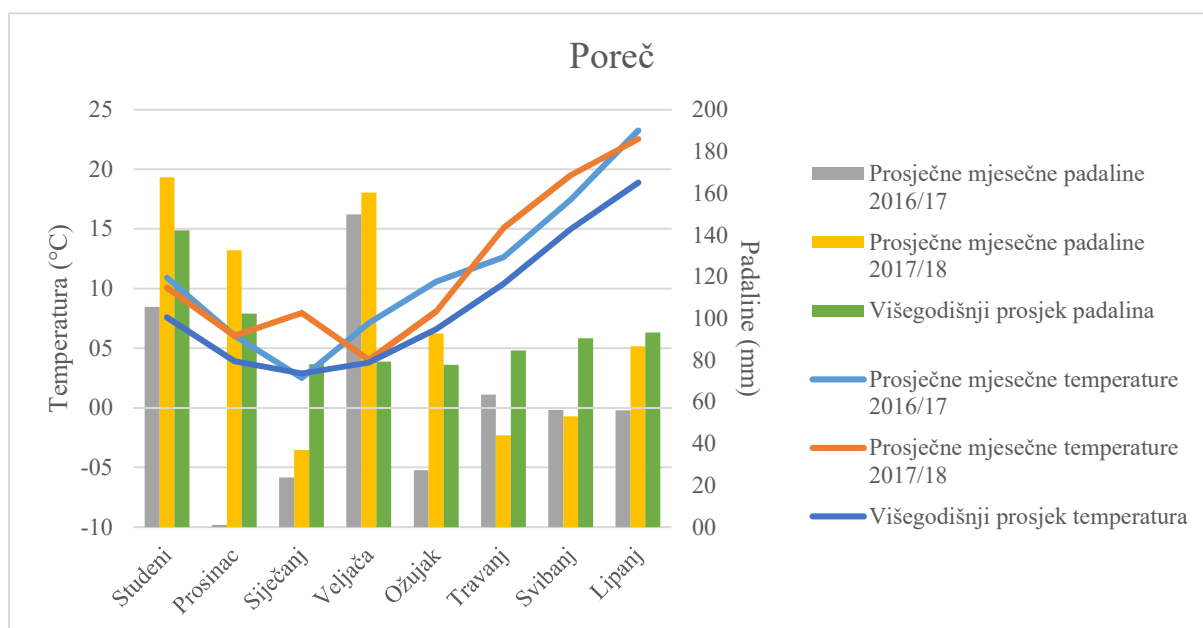
Na razvoj pšenice veliki utjecaj imaju vremenski uvjeti, naročito temperatura zraka i količina padalina. Vremenske prilike su se razlikovale na ispitivanim lokacijama tijekom vegetacijskih sezona. Udaljenost između lokacija je relativno velika i svaka ima posebno klimatsko okruženje. Lokacije Osijek i Zagreb su pod utjecajem kontinentalne klime, dok je lokacija Poreč zbog blizine Jadranskog mora pod utjecajem mediteranske klime.

Temperature i količine padalina za lokaciju Osijek tijekom vegetacijskih sezona 2016./2017. i 2017./2018. te višegodišnji prosjek temperatura i padalina prikazani su na Grafikonu 1. Višegodišnji prosjek temperatura i padalina obuhvaća razdoblje od 1899. do 2024. Najhladniji mjesec bio je siječanj 2017. godine sa prosječnom temperaturom od $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ što je $4,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ niže od višegodišnjeg prosjeka. U istom mjesecu 2018. godine prosječna temperatura je iznosila $4,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ što je za $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ više od višegodišnjeg prosjeka, no u veljači se snizila na $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Veljača i ožujak 2017. godine su bili nešto topliji od prosjeka, a travanj i svibanj 2018. godine su bili topliji za oko $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ od prosjeka. Najkišovitiiji mjesec bio je lipanj 2018. s 126 mm oborina (44 mm više od prosjeka). Godinu ranije u travnju je palo svega 45 mm oborina. Veljača i ožujak u obje sezone bile su kišovitiije od prosjeka, a prosinac i siječanj prve sezone bili su gotovo bez padalina.



Grafikon 1. Walterov klima dijagram za lokaciju Osijek tijekom vegetacijskih sezona 2016./17. i 2017./18.

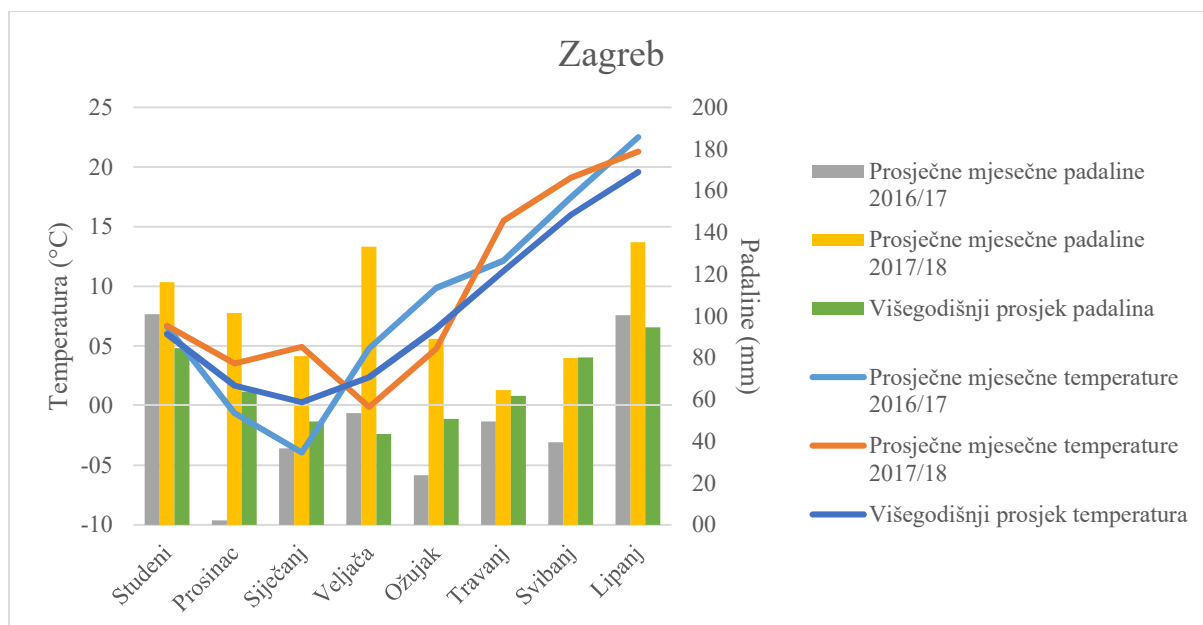
Temperature i količine padalina za lokaciju Poreč tijekom vegetacijskih sezona 2016./2017. i 2017./2018. te višegodišnji prosjek temperatura i padalina prikazani su na Grafikonu 2. Višegodišnji prosjek temperatura i padalina obuhvaća razdoblje od 1961.-2024. Temperature za lokaciju Poreč u obje sezone nisu se spuštale ispod 0 °C. Najhladniji mjesec bio je siječanj 2017. godine s prosječnom temperaturom od 3 °C koja odgovara prosječnoj višegodišnjoj temperaturi za siječanj, dok je 2018. godine prosječna temperatura iznosila 8 °C. U veljači iste godine prosječna temperatura se spustila na 4 °C koja je u skladu s prosječnom temperaturom. Svi preostali mjeseci u vegetacijskim sezonama imali su više prosječne temperature od višegodišnjih prosjeka za 1,5 do 4,7 °C. Siječanj, travanj, svibanj i lipanj u obje sezone imali su manje padalina od višegodišnjeg prosjeka padalina dok je u veljači pala dvostruko veća količina padalina. U ožujku 2017. palo je 27 mm oborina što je 50 mm manje od višegodišnjeg prosjeka. Najviše padalina palo je u studenom 2017. godine i to 168 mm, 26 mm više od višegodišnjeg prosjeka.



Grafikon 2. Walterov klima dijagram za lokaciju Poreč tijekom vegetacijskih sezona 2016./17. i 2017./18.

Temperature i količine padalina za lokaciju Zagreb tijekom vegetacijskih sezona 2016./2017. i 2017./2018. te višegodišnji prosjek temperatura i padalina prikazani su na Grafikonu 3. Višegodišnji prosjek temperatura i padalina obuhvaća razdoblje od 1949. do 2024. Temperature tijekom vegetacijskih sezona bile su vrlo slične temperaturama za lokaciju Osijek. Najhladniji mjesec bio je siječanj 2017. godine s prosječnom temperaturom od -4 °C što je 4,3 °C niže od višegodišnjeg prosjeka. U istom mjesecu 2018. godine prosječna temperatura iznosila je 4,9 °C. Temperatura u veljači 2018. godine snizila se na -0,1 °C što je za 2,5 °C niže od prosjeka,

a 2017. godine bila je 4,8 °C. Ostatak 2017. godine bio je nešto topliji od prosjeka, a travanj i svibanj 2018. godine bili su topliji za oko 4 °C od prosjeka. Najkišovitiji mjeseci bili su veljača sa 133 mm oborina i lipanj 2018. s 135 mm oborina. Lipanj 2017. godine također je bio najkišovitiji u drugoj sezoni sa 100 mm oborina (5 mm više od prosjeka). U ožujku i svibnju 2017. godine palo je dvostruko manje padalina od prosjeka. Najmanje padalina 2018. godine palo je u travnju (65 mm).



Grafikon 3. Walterov klima dijagram za lokaciju Zagreb tijekom vegetacijskih sezona 2016./17. i 2017./18.

Uspoređujući prosječne temperature za cijelu sezonu za sve tri lokacije tijekom vegetacijskih sezona vidljivo je da su one više od višegodišnjih prosječnih temperatura. Najviše razlike su za lokaciju Poreč gdje je prosječna temperatura viša za 2,7 °C za sezonu 2016./2017. i 3,1 °C za sezonu 2017./2018. od višegodišnje prosječne temperature koja iznosi 8,6 °C (od studenog do lipnja). Lokacije Osijek i Zagreb imale su vrlo slične prosječne temperature tijekom vegetacijskih sezona. Siječanj i travanj 2017. godine za lokaciju Osijek bili su hladniji za 1 °C, a travanj i svibanj 2018. godine su bili topliji za 1 °C od istih mjeseci u istoj sezoni za lokaciju Zagreb. Prosječne višegodišnje temperature tijekom vegetacijskih sezona (od studenog do lipnja) za lokacije Osijek i Zagreb iznose 8 °C. Prva vegetacijska sezona je toplija za 0,3 °C za lokaciju Osijek i 0,6 °C za Zagreb dok je druga sezona toplija za 1,8 °C za lokaciju Osijek i 1,5 °C za Zagreb. Prema podacima Državnog hidrometeorološkog zavoda prva vegetacijska sezona bila je sušnija za sve tri ispitivane lokacije, to jest palo je manje padalina nego u višegodišnjem prosjeku. Na lokaciji Osijek palo je 87,3 mm, na lokaciji Poreč čak 265,2 mm, a na lokaciji Zagreb 122,7 mm manje padalina u odnosu na višegodišnji prosjek. U drugoj vegetacijskoj

sezoni na svim lokacijama palo je više padalina od višegodišnjeg prosjeka. Najviše padalina palo je na lokaciji Zagreb (801,1 mm), dvostruko više nego u prvoj sezoni. Svega 17,4 mm više od višegodišnjeg prosjeka oborina palo je na lokaciji Osijek, a 25,9 mm na lokaciji Poreč.

3.2. Svojstva tla i sadržaj dušika na ispitivanim lokacijama

Osim što se ispitivane lokacije razlikuju po klimatskim uvjetima, također se razlikuju i po tipu tla koji prevladava na tom području. Prema digitalnoj pedološkoj karti Republike Hrvatske (https://www.pedologija.com.hr/iBaza/DPK-Hr_2021/index.html#2) na lokaciji Osijek je utvrđen eutrični kambisol, na lokaciji Poreč crvenica (Terra rosa), a na lokaciji Zagreb karbonatno aluvijalan tip tla. Sadržaj mineralnog dušika određen je Nmin metodom iz uzorka tla sa svake lokacije prije sjetve u 2016. i 2017. godini kako je opisano u prethodnom poglavlju. Opis tipa tla i sadržaj mineralnog dušika na tlu lokacija te količine dodanog gnojiva prikazane su u Tablici 5. Najviše mineralnog dušika bilo je utvrđeno na lokaciji Poreč u drugoj vegetacijskoj sezoni, a najmanje također na lokaciji Poreč u prvoj vegetacijskoj sezoni. Na svim lokacijama sadržaj mineralnog dušika u tlu bio je veći u drugoj vegetacijskoj sezoni u odnosu na prvu.

Tablica 5. Sadržaj mineralnog dušika u tlu, dodane količine dušika osnovnom gnojidbom i prihranama, ukupna količina dušika te NTAm_{ax} po lokacijama i vegetacijskim sezonama

Lokacija	Tip tla	Sezona	Nmin ¹ u tlu (kg N ha ⁻¹)	Osnovna gnojidba (kg N ha ⁻¹)	Prihrana (kg N ha ⁻¹)		Ukupno N (kg N ha ⁻¹)		NTAm _{ax} ² (kg N ha ⁻¹)	
					LN ³	HN ³	LN	HN	LN	HN
Osijek	Eutrični kambisol	2016./2017.	20	74	0	50+50	94	194	225	262
		2017./2018.	42	74	0	50+50	116	216	168	226
Poreč	Crvenica	2016./2017.	14	74	0	50+50	88	188	122	158
		2017./2018.	44	74	0	50+50	118	218	159	234
Zagreb	Karbonatno aluvijalno	2016./2017.	27	74	0	50+50	101	201	201	235
		2017./2018.	38	74	0	50+50	112	212	221	249

¹ Nmin – količina mineralnog dušika u tlu

² NTAm_{ax} – maksimalna količina ukupnog dušika dostupnog biljci

³ Niska (LN) i visoka razina (HN) opskrbljenosti dušikom

3.3. Vrijednosti agronomskih svojstava u ovisnosti o genotipu i razini gnojidbe

U ovom istraživanju ispitivan je utjecaj gnojidbe dušikom pri dvije razine gnojidbe dušikom (LN i HN), na uzorku 48 genotipova ozime pšenice na 15 agronomskih svojstava u 6 okolina (tri lokacije u dvije godine). Rezultati BLUP vrijednosti za svaki genotip po lokaciji, godini i razini dušika prikazani su u Prilogu (dodatne Tablice 1 – 12), a srednje vrijednosti agronomskih svojstava za svaki genotip, u svim okolinama, pri LN i HN prikazane su u Tablici 6. Kao dva najistaknutija genotipa izdvajaju se Sofru i U1. Genotip Sofru ima najviše vrijednosti pri oba N-tretmana za GY, NUE i NUtE, pri LN za HI i minimalnu vrijednost pri HN za GPC. Genotip U1 je najviši od svih ispitivanih te ima najviše vrijednosti pri oba N-tretmana za GPC, a najniže vrijednosti GY, NHI, GNY, NUE i NUtE. Genotip Bezostaja1 se ističe po najnižim vrijednostima pri HN za PANU, NTA i NUpE. Genotip Kraljica ima najvišu vrijednost GNY za oba tretmana te pri HN za NTA i NUpE, dok genotip Silvija ima najviše vrijednosti pri LN za NTA i NUpE. BC Opsesija ima najviše vrijednosti za NHI i BPE, a OS Olimpija ima minimalne vrijednosti za BPE pri oba tretmana. Srpanjka je najniži ispitivani genotip.

Tablica 6. Srednje vrijednosti agronomskih svojstava za pojedini genotip pri LN i HN na svim lokacijama u obje vegetacijske sezone

Genotip	N-razina	GY	GPC	PH	HI	NHI	GNV	NTA	NUE	NUPE	NUTE	NUEPROT	NUTEPROT	NREM	BPE	PANU
ANDELKA	LN	6229	10,92	72,78	51,00	85,78	123	144	34,57	78,67	44,51	0,062	0,080	62,45	100,23	72,69
	HN	6985	12,56	72,61	54,57	83,66	152	182	30,61	79,17	39,06	0,058	0,072	71,83	78,89	55,58
BC ANICA	LN	5993	11,08	76,67	49,98	85,35	120	140	32,73	75,50	43,92	0,063	0,087	69,78	96,45	62,55
	HN	7061	12,71	78,11	52,13	86,01	157	183	31,13	79,83	39,02	0,058	0,072	69,94	87,91	67,28
BC BERNARDA	LN	5993	11,15	81,94	41,78	80,05	120	150	34,05	83,83	40,93	0,063	0,107	64,50	111,47	64,11
	HN	6797	12,82	83,83	43,09	77,54	152	198	30,03	86,33	35,47	0,058	0,068	62,78	88,49	76,21
BC CERTISSA	LN	5980	9,80	76,11	48,10	83,98	108	128	32,70	69,17	48,30	0,055	0,085	69,67	114,03	49,78
	HN	6811	11,79	76,78	49,92	82,66	138	167	30,11	73,33	41,28	0,053	0,073	69,44	92,73	54,50
BC DARIJA	LN	6295	11,17	77,83	48,16	85,37	126	148	34,91	80,83	43,65	0,065	0,077	69,44	100,96	59,73
	HN	7180	12,61	79,78	51,37	84,69	158	187	31,45	81,50	38,69	0,058	0,070	72,94	81,18	61,40
BC IRENA	LN	6119	10,95	83,56	47,96	85,78	122	143	34,10	77,83	44,34	0,060	0,078	69,06	107,85	59,98
	HN	6585	13,03	85,67	49,41	83,19	148	179	29,19	78,33	37,66	0,058	0,075	70,89	89,96	55,97
BC IRMA	LN	6598	10,94	82,22	46,05	83,91	128	152	36,29	83,17	44,08	0,063	0,075	69,56	101,61	58,24
	HN	7190	13,05	81,56	46,23	83,89	166	200	31,59	86,83	36,95	0,060	0,070	68,94	92,65	65,61
BC LORENA	LN	6156	11,12	77,89	48,25	85,94	122	142	33,59	76,67	44,19	0,063	0,083	59,61	101,95	63,37
	HN	6941	13,01	79,28	50,17	84,40	159	188	30,18	81,67	37,25	0,060	0,077	71,17	82,84	63,18
BC LJEPOTICA	LN	6663	10,52	73,22	48,63	82,57	125	151	36,65	82,17	44,69	0,060	0,078	56,84	104,64	66,56
	HN	7452	12,15	73,56	52,02	84,22	158	189	32,77	82,33	40,21	0,053	0,072	69,00	88,02	56,88
BC OPSESIIJA	LN	6912	10,47	79,17	49,20	87,01	134	154	38,27	83,17	46,71	0,060	0,072	74,33	106,43	57,24
	HN	7652	12,18	79,17	51,93	82,02	159	196	33,78	85,83	39,77	0,055	0,065	65,50	84,94	67,41
BC TENA	LN	4839	12,22	87,17	40,77	81,42	106	130	26,26	69,67	38,20	0,068	0,105	51,39	115,05	57,11
	HN	5349	14,19	86,61	43,61	81,36	133	163	23,18	70,67	32,72	0,063	0,105	71,11	88,18	67,14
BEZOSTAJAI	LN	4674	12,17	103	38,12	79,30	103	129	26,27	71,00	37,21	0,070	0,102	61,44	112,21	44,44
	HN	5093	13,92	111	40,93	80,67	123	152	22,77	67,50	33,67	0,062	0,097	70,17	98,29	28,80
BOLOGNA	LN	5467	11,11	80,61	40,77	79,82	109	136	30,24	74,67	40,98	0,063	0,087	64,89	107,28	48,03
	HN	6367	12,81	82,17	47,58	80,72	142	176	28,53	78,33	36,43	0,057	0,072	66,78	83,67	60,62
CALISOL	LN	6425	9,82	86,89	49,65	84,09	118	140	35,37	75,83	47,54	0,055	0,077	70,50	112,23	43,77
	HN	7395	11,85	88,78	49,92	82,31	148	181	33,00	80,50	41,48	0,052	0,068	68,33	92,53	53,83
DROPIA	LN	5788	11,80	87,56	47,13	84,02	124	147	31,86	79,83	40,28	0,067	0,087	67,89	96,66	55,61
	HN	6501	13,49	87,39	47,72	83,09	152	183	28,59	80,33	35,85	0,060	0,078	67,78	85,84	65,74
FELIX	LN	5978	11,64	74,00	49,38	84,22	124	146	32,83	79,17	41,89	0,063	0,085	65,17	92,40	74,29
	HN	6700	13,22	75,00	51,65	85,01	157	185	29,13	80,00	36,70	0,060	0,080	67,72	84,53	66,92
FICKO	LN	5768	11,35	84,33	42,35	80,08	118	148	31,88	81,33	39,89	0,065	0,082	62,50	106,17	58,84
	HN	6916	13,32	86,11	47,61	80,20	160	197	30,14	86,17	35,22	0,060	0,072	60,95	80,59	80,72
FLAMURA 85	LN	5857	11,40	91,50	46,63	84,53	115	136	32,39	74,33	44,07	0,065	0,092	66,06	111,12	50,13

	HN	6059	13,13	91,22	48,66	84,61	144	170	26,84	74,50	36,00	0,060	0,083	71,78	88,29	46,24
FORCALI	LN	5884	12,19	82,11	42,45	81,21	127	156	32,37	85,17	38,34	0,070	0,082	61,50	95,99	66,48
	HN	6490	14,38	81,56	47,52	83,97	165	196	28,72	86,33	33,27	0,065	0,077	75,67	79,27	59,15
GALLOPER	LN	6024	10,43	94,33	44,36	83,35	110	133	33,57	73,17	46,22	0,062	0,080	69,83	118,16	49,68
	HN	6296	12,21	98,11	48,21	83,95	136	162	28,09	71,67	39,36	0,055	0,077	65,83	99,02	53,33
GOLUBICA	LN	5525	11,69	84,72	45,55	83,26	116	138	30,65	75,67	40,76	0,067	0,088	68,17	98,59	45,66
	HN	6258	14,49	85,33	44,99	82,34	160	195	27,49	84,83	32,84	0,067	0,080	72,78	78,75	60,05
GRAINDOR	LN	6651	9,93	90,72	47,51	84,93	121	142	36,99	76,83	48,43	0,055	0,073	67,33	114,35	57,55
	HN	7006	11,87	91,67	50,30	84,28	143	170	30,84	74,50	41,81	0,050	0,072	73,89	94,45	45,32
ISENGRAIN	LN	6693	10,31	84,94	47,06	82,80	124	149	37,08	82,00	45,56	0,058	0,072	66,06	126,67	113
	HN	7360	11,58	85,56	47,41	79,53	147	186	32,47	81,50	40,08	0,050	0,070	68,44	89,48	57,98
KATARINA	LN	6197	11,00	72,67	49,87	84,77	123	145	33,54	77,17	44,19	0,062	0,145	65,67	108,77	66,19
	HN	7383	12,73	72,11	55,50	85,00	165	195	32,72	85,83	38,50	0,058	0,067	67,22	78,16	65,72
KRALJICA	LN	6343	11,93	78,67	48,34	85,91	135	157	34,72	84,83	41,26	0,067	0,082	66,50	96,39	62,16
	HN	6973	13,79	79,72	46,14	82,84	169	205	30,75	89,67	34,57	0,060	0,070	72,17	81,77	69,40
LUKULLUS	LN	5806	11,89	99,06	41,73	83,81	126	149	32,03	81,33	39,65	0,065	0,085	57,33	108,13	79,38
	HN	6498	13,62	103	42,09	81,28	153	187	28,36	81,50	34,88	0,060	0,078	60,83	97,77	88,05
MIHELCA	LN	5782	10,90	87,28	46,55	84,73	114	134	31,81	72,67	44,02	0,062	0,088	69,83	106,88	57,03
	HN	5991	12,73	86,72	49,33	83,30	132	158	26,14	69,00	38,09	0,057	0,085	70,06	92,71	48,55
MV-NADOR	LN	6417	10,64	73,17	49,85	83,19	120	144	35,35	79,00	45,02	0,060	0,080	61,50	98,44	62,88
	HN	6935	12,86	76,28	48,77	83,00	158	192	30,50	83,67	36,75	0,057	0,072	72,39	83,69	68,44
MV-NEMERE	LN	6628	10,80	83,28	47,20	82,64	127	154	36,52	84,17	43,61	0,062	0,075	63,00	96,27	118
	HN	7512	12,46	83,56	51,70	86,15	164	189	32,94	83,17	39,93	0,055	0,068	73,28	87,69	65,38
OS-CRVENKA	LN	5544	12,15	87,94	44,35	83,50	114	138	30,70	75,00	41,05	0,070	0,093	70,11	103	44,07
	HN	5901	14,18	86,89	47,32	82,71	139	168	25,99	74,00	35,28	0,063	0,088	70,28	84,92	54,72
OS-JELENA	LN	6061	10,99	88,00	45,58	84,86	123	144	33,83	78,83	43,47	0,062	0,078	64,50	106,37	62,98
	HN	6523	12,89	92,78	47,65	84,15	153	181	29,24	80,50	36,47	0,058	0,075	70,44	84,64	65,67
OS-OLIMPIJA	LN	5034	12,98	86,78	44,69	82,38	119	143	27,76	78,17	35,79	0,075	0,095	66,22	91,81	51,04
	HN	5832	14,99	85,11	45,02	80,12	155	194	25,86	85,17	30,36	0,068	0,080	61,39	74,28	62,80
PRIMA	LN	6797	10,18	88,00	47,43	83,93	125	149	37,99	81,33	46,91	0,058	0,072	71,72	107,80	43,11
	HN	7197	11,87	85,28	45,77	81,96	148	181	31,26	78,50	40,77	0,057	0,075	72,56	97,28	48,63
REBEKA	LN	5685	11,10	94,06	47,12	84,29	114	135	31,22	73,17	43,12	0,062	0,088	64,78	104,97	48,35
	HN	6728	12,71	96,89	47,70	85,00	149	175	29,64	77,67	39,02	0,060	0,078	71,11	95,78	49,84
RENAN	LN	5974	11,51	88,39	42,72	79,91	121	152	32,97	83,00	39,91	0,065	0,077	61,55	98,32	70,10
	HN	6539	13,37	90,33	43,37	80,31	154	192	28,88	84,50	34,29	0,060	0,070	63,50	87,05	52,81
SAN PASTORE	LN	5383	11,20	98,33	44,17	83,84	111	133	30,16	72,83	41,76	0,063	0,088	65,61	110,85	49,96
	HN	6088	13,31	99,06	44,47	81,33	137	172	27,06	75,83	36,56	0,060	0,082	70,72	93,02	37,32
SANA	LN	5999	10,16	82,89	45,56	78,82	109	138	33,03	75,33	44,52	0,055	0,078	56,22	102,17	62,07
	HN	6483	11,89	79,89	50,58	82,50	136	165	28,30	71,17	39,98	0,052	0,080	69,44	90,28	55,67

SILVIJA	LN	6341	11,23	78,39	44,67	81,02	129	158	35,17	86,67	40,80	0,062	0,075	56,17	96,28	70,58
	HN	7190	12,80	79,28	49,08	83,75	160	191	31,60	84,17	38,13	0,058	0,068	65,72	85,90	77,19
SLAVONIJA	LN	5948	11,25	76,67	48,42	83,66	119	142	32,71	76,50	42,97	0,062	0,083	68,78	96,71	49,37
	HN	6640	12,96	76,83	49,29	84,14	153	183	29,09	79,17	37,02	0,058	0,075	73,56	84,73	53,89
SOFRU	LN	7182	10,03	78,22	53,30	86,34	129	150	40,41	82,83	48,71	0,057	0,070	72,28	99,80	53,14
	HN	7887	11,56	78,06	53,55	84,70	159	186	34,74	81,67	42,55	0,052	0,063	75,61	86,93	52,06
SRPANJKA	LN	6044	11,31	65,06	49,34	85,08	121	143	33,48	77,67	43,67	0,062	0,085	72,83	101,24	39,43
	HN	6872	13,22	69,83	49,19	84,24	161	192	30,14	83,67	36,35	0,058	0,075	72,22	81,19	62,34
TIKA-TAKA	LN	6448	10,82	84,89	48,61	82,58	126	152	35,51	82,50	43,51	0,062	0,073	56,11	103,49	64,33
	HN	7565	12,42	88,00	50,12	82,04	164	198	33,30	87,33	38,26	0,057	0,065	66,00	82,55	66,56
TOSUNBEY	LN	5149	11,62	98,50	43,63	81,24	109	133	28,55	72,50	39,48	0,062	0,095	62,67	106,26	52,38
	HN	5924	12,99	99,44	44,60	80,32	132	163	25,70	70,67	36,82	0,060	0,090	62,50	96,12	50,88
U1	LN	3922	12,98	134	29,93	74,02	89	121	21,87	66,17	33,46	0,070	0,115	57,39	124,81	38,55
	HN	4262	15,21	139	28,22	66,60	116	189	18,86	82,00	24,92	0,068	0,092	59,83	97,86	41,80
VIKTORIA	LN	5878	12,21	78,39	44,69	83,28	125	150	32,29	81,83	39,96	0,068	0,087	70,11	94,33	55,99
	HN	6360	14,28	79,78	45,70	80,08	164	205	27,69	88,83	31,82	0,065	0,077	65,78	78,83	74,00
VULKAN	LN	6311	11,38	88,67	44,33	84,12	130	154	35,35	85,50	41,88	0,065	0,077	66,67	98,44	69,96
	HN	7165	12,76	84,94	48,41	83,09	159	192	31,21	83,17	37,71	0,060	0,070	65,94	88,57	69,27
WALDINGER	LN	6137	10,94	90,67	49,69	86,13	127	147	34,54	80,17	43,18	0,062	0,078	68,06	98,42	62,59
	HN	6877	12,64	89,17	49,70	83,58	144	173	30,83	77,17	39,99	0,057	0,073	73,78	89,19	50,01
ZLATNA DOLINA	LN	5559	11,05	81,83	45,47	83,02	110	132	30,82	72,33	42,92	0,063	0,088	67,06	104,23	47,47
	HN	5788	12,76	81,50	47,12	80,90	129	160	25,57	70,33	36,47	0,058	0,087	65,06	87,27	58,06

3.4. Vrijednosti agronomskih svojstava u ovisnosti o lokaciji i razini gnojidbe

Svaka ispitivana lokacija sa svojim agroekološkim uvjetima pridonosi varijaciji agronomskih svojstava. U Tablici 7. prikazane su vrijednosti agronomskih svojstava i pripadajućih standardnih devijacija za svaku lokaciju pri LN i HN na osnovi prosjeka dvije vegetacijske sezone. Dobivene vrijednosti ukazuju na veće srednje vrijednosti pri HN za svojstva GY, (osim na lokaciji Zagreb), GPC, GNY, NTA, na sve tri lokacije, te za HI, PH NHI i NRE na lokaciji Osijek i Poreč, te PANU samo za lokaciju OSIJEK. Za NUE, NUpE, NUtE, NUTE_PROT i NUE_PROT (osim na lokaciji Poreč) vrijednosti su bile veće pri LN tretmanu gnojidbe.

Tablica 7. Srednje vrijednosti agronomskih svojstava i standardne devijacije po lokacijama pri LN i HN

Svojstvo	Osijek		Poreč		Zagreb	
	LN	HN	LN	HN	LN	HN
GY (kg ha⁻¹)	6239 ± 1329	6989 ± 1165	5053 ± 937	5694 ± 1289	6650 ± 825	7290 ± 929
PH (cm)	80,5 ± 13,5	82,7 ± 13,6	86,0 ± 12,7	86,8 ± 13,4	88,4 ± 10,5	88,3 ± 10,9
GPC (%)	11,4 ± 0,9	13,3 ± 1,0	10,1 ± 1,1	12,5 ± 1,3	12,1 ± 1,1	13,2 ± 1,2
GNY (kg N ha⁻¹)	124 ± 23,8	161 ± 23,2	90,2 ± 22,0	126,6 ± 36,4	145 ± 16,0	163 ± 25,5
NTA (kg N ha⁻¹)	151 ± 28,8	195 ± 27,7	108 ± 22,6	152 ± 42,4	171 ± 18,2	201 ± 20,3
HI (%)	48,3 ± 6,1	49,7 ± 6,2	41,1 ± 7,0	43,6 ± 7,1	48,6 ± 6,6	50,3 ± 8,1
NHI (%)	82,2 ± 3,7	83,0 ± 4,3	82,3 ± 5,9	83,1 ± 4,8	85,2 ± 5,3	81,2 ± 9,6
NUE (kg DM kg⁻¹ N)	31,7 ± 4,5	28,7 ± 4,3	35,9 ± 4,5	29,1 ± 3,9	31,6 ± 4,3	30,2 ± 4,2
NUpE (%)	77,0 ± 9,0	80,0 ± 10,0	77,0 ± 9,0	77,0 ± 10,0	81,0 ± 8,0	83,0 ± 9,0
NUtE (kg DM kg⁻¹ N)	41,6 ± 3,9	36,0 ± 3,6	47,1 ± 4,8	38,3 ± 4,5	39,4 ± 4,3	36,8 ± 4,5
NUTE_PROT (% protein kg⁻¹ N ha⁻¹)	0,08 ± 0,03	0,07 ± 0,01	0,10 ± 0,04	0,09 ± 0,03	0,07 ± 0,01	0,07 ± 0,01
NUE_PROT (% protein kg⁻¹ N ha⁻¹)	0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,01
NRE (%)	60,9 ± 12,5	70,1 ± 9,5	67,2 ± 21,3	73,6 ± 14,8	67,5 ± 17,2	62,9 ± 24,5
BPE (kg DM kg⁻¹ N)	88,7 ± 12,2	76,3 ± 11,7	126 ± 33,0	101 ± 27,8	99,1 ± 18,9	85,60 ± 17,9
PANU (kg N ha⁻¹)	79,3 ± 41,6	73,1 ± 27,3	41,5 ± 35,1	45,7 ± 24,0	58,0 ± 21,9	59,9 ± 25,7

Srednje vrijednosti i standardne devijacije agronomskih svojstava po lokacijama i po godinama prikazane su u Prilogu i to pri LN (Prilog: Tablica 13.) i HN (Prilog: Tablica 14.). Sva svojstva su imala normalnu distribuciju bez obzira na razinu dušika, iako se stupanj disperzije podataka razlikovao ovisno o kombinaciji svojstvo/dušik. Najveći prosječni prinosi pri LN i HN

ostvareni su na lokaciji Zagreb, a najmanji na lokaciji Poreč. Na lokaciji Osijek 2018. godine došlo je do značajnog pada prinosa za 2000 kg/ha, dok je na lokaciji Poreč prinos porastao za 1400 kg/ha (Prilog: Tablica 13. i Tablica 14.). Na lokaciji Zagreb nije došlo do značajne promjene u prinosu tijekom dvije vegetacijske sezone. Vrijednosti PH i NHI bile su gotovo identične pri različitim N-tretmanima za sve tri lokacije. Sadržaj proteina u zrnu, GNY i HI bili su najniži na lokaciji Poreč pri LH i HN.

3.5. Utjecaj gnojidbe na agronomska svojstva

Većina srednjih vrijednosti agronomskih svojstava pokazala je značajne razlike između LN i HN tretmana na svim ispitivanim lokacijama i genotipovima tijekom dvije vegetacijske sezone (Tablica 8.). Razlika u postotcima izračunata je kao količnik razlike srednjih vrijednosti agronomskih svojstava pri HN i LN i srednje vrijednosti pri HN za to svojstvo. HN tretman je značajno povećao GY za 10,16 %, GPC za 13,85 %, GNY za 20,37 %, NTA za 21,61 %, HI za 3,97 %, NUtE_PROT za 12,5 %. HN tretman je značajno utjecao na smanjenje NUE za 12,97 %, NUtE za 15,41 %, NUE_PROT za 6,78 % i BPE za 19,43 %. Samo pet svojstava (PH, NHI, NUpE, NRE i PANU) nisu pokazala značajne razlike između LN i HN tretmana.

Tablica 8. Srednje, minimalne (Min) i maksimalne (Max) vrijednosti agronomskih svojstava, standardna devijacija (Std.Dev) i koeficijent varijacije (CV) pri LN i HN

Svojstvo	Mjerna jedinica	Razina dušika	Srednja vrijednost	Min	Max	Std.Dev	CV
GY	kg ha ⁻¹	LN	5981	2432	9330	1249	0,21
		HN	6657	2683	9783	1329	0,20
		Razlika (%)	10,16**				
PH	cm	LN	84,9	61,3	149,3	12,71	0,15
		HN	85,9	62,7	154,7	12,84	0,15
		Razlika (%)	1,16 ns				
GPC	%	LN	11,2	7,7	15,2	1,33	0,12
		HN	13,0	10,2	16,8	1,24	0,10
		Razlika (%)	13,85***				
GNY	kg ha ⁻¹	LN	119,6	46,1	182,0	30,72	0,26
		HN	150,2	65,8	209,9	33,34	0,22
		Razlika (%)	20,37**				
NTA	kg ha ⁻¹	LN	143,3	58,1	214,3	34,90	0,24
		HN	182,8	82,6	256,2	38,11	0,21
		Razlika (%)	21,61**				
HI	%	LN	46,0	24,8	64,7	7,45	0,16
		HN	47,9	17,7	64,6	7,75	0,16
		Razlika (%)	3,97*				
NHI	%	LN	83,2	64,8	93,9	5,21	0,06
		HN	82,4	42,9	93,1	6,72	0,08
		Razlika (%)	-0,97 ns				
NUE	kg DM kg ⁻¹ N	LN	33,1	14,5	42,3	4,26	0,15
		HN	29,3	12,5	41,9	4,03	0,14
		Razlika (%)	-12,97**				
NUPE	%	LN	0,7	0,4	0,9	0,10	0,15

		HN	0,8	0,5	1,1	0,10	0,12
		Razlika (%)	2,5 ns				
NUTE	kg DM kg ⁻¹ N	LN	42,7	26,5	59,7	5,43	0,13
		HN	37,0	15,1	47,6	4,32	0,12
		Razlika (%)	-15,41**				
NUTE_PROT	% protein kg ⁻¹ N ha ⁻¹	LN	0,09	0,05	0,50	0,03	0,39
		HN	0,08	0,05	0,21	0,02	0,27
		Razlika (%)	12,5*				
NUE_PROT	% protein kg ⁻¹ N ha ⁻¹	LN	0,063	0,04	0,09	0,01	0,17
		HN	0,059	0,04	0,07	0,01	0,14
		Razlika (%)	-6,78*				
NREM	%	LN	65,2	22,7	95,0	17,57	0,27
		HN	68,9	16,3	96,0	17,95	0,26
		Razlika (%)	5,37 ns				
BPE	kg DM kg ⁻¹ N	LN	104,5	64,6	224,8	27,80	0,27
		HN	87,5	52,2	162,2	22,52	0,26
		Razlika (%)	-19,43**				
PANU	kg N ha ⁻¹	LN	59,6	5,7	378,3	37,11	0,62
		HN	59,6	8,9	181,4	27,95	0,47
		Razlika (%)	0 ns				

***, **, * i ns - značajnost pri razini vjerojatnosti p<0,001, p<0,01, p<0,05 i p>0,05

3.6. Analiza linearnih korelacija između agronomskih svojstava

Analiza linearnih korelacija između agronomskih svojstava prikazana je u Tablici 9. Prema Evansovoj skali, vrlo jake pozitivne korelacije između analiziranih svojstava uočene su za prinos zrna s GNY ($r = 0,81^{**}$ pri LN), NUtE ($r = 0,80^{**}$ pri LN) i NUE ($r = 0,99^{**}$ pri obje). Jake pozitivne korelacije uočene su između prinosa i GNY ($r = 0,74^{**}$ pri HN), HI ($r = 0,77^{**}$ pri LN i $r = 0,75^{**}$ pri HN), NHI ($r = 0,62^{**}$ pri LN i $r = 0,60^{**}$ pri HN), NUtE ($r = 0,75^{**}$ pri HN) i NUpE ($r = 0,69^{**}$ pri LN). Jake negativne korelacije uočene su između prinosa zrna i PH ($r = -0,62^{**}$ pri LN i $r = -0,67^{**}$ pri HN), GPC ($r = -0,74^{**}$ pri LN i $r = -0,70^{**}$ pri HN), NUtE_PROT ($r = -0,61^{**}$ pri LN i $r = -0,89^{**}$ pri HN) i NUE_PROT ($r = -0,65^{**}$ pri LN i $r = -0,63^{**}$ pri HN) pri obje razine dušika (LN i HN).

GPC je pokazao vrlo jaku pozitivnu korelaciju s NUE_PROT ($r = 0,95^{**}$ pri obje razine) i vrlo jako negativnu korelaciju s NUtE ($r = -0,93^{**}$ pri LN i $r = -0,94^{**}$ pri HN) te jaku negativnu korelaciju s NUE ($r = -0,74^{**}$ pri LN i $r = -0,70^{**}$ pri HN) i HI ($r = -0,61^{**}$ pri LN i $r = -0,64^{**}$ pri HN). Žetveni indeks (HI) je vrlo jako pozitivno koreliran s NHI ($r = 0,83^{**}$ pri LN i $r = 0,85^{**}$ pri HN) te jako pozitivno s NUE ($r = 0,75^{**}$ pri obje razine) i NUtE ($r = 0,77^{**}$ pri LN i $r = 0,78^{**}$ pri HN), dok je jako negativno s PH ($r = -0,62^{**}$ pri LN i $r = -0,67^{**}$ pri HN). Vrijednosti korelacije bile su pod jakim utjecajem lokacije i vegetacijske sezone i varirale su ovisno o godini i lokaciji (Prilog: dodatne Tablice 15., 16., i 17.). Primjerice, korelacija između GY i GPC kretala se od $r = -0,30^*$ do $r = -0,66^{**}$ (Zagreb 2018. pri LN i Osijek 2018. pri HN), dok su korelacije između GY i NUpE varirale od nepostojanja do $r = 0,80^{**}$, a između

GY i NUtE od $r = 0,46^{**}$ do $r = 0,74^{**}$. GPC je bio u relativno stabilnoj i jakoj negativnoj korelaciji s NUtE ($r = -0,63^{**}$ do $-0,93^{**}$), dok je odnos s NUpE bio manje konzistentan.

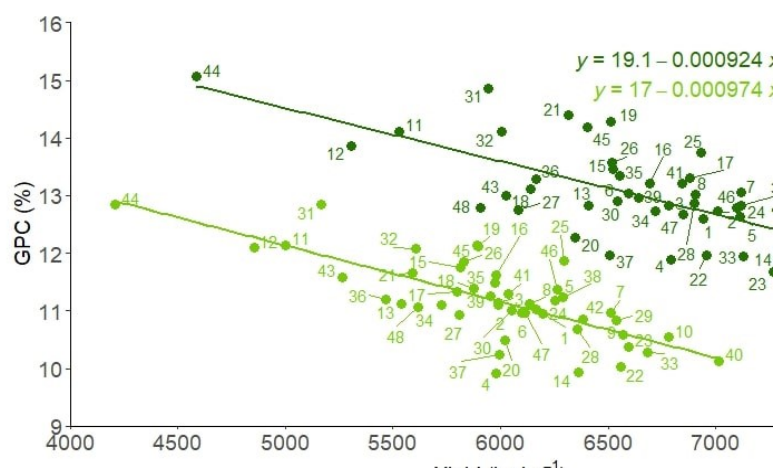
Tablica 9. Korelacijska analiza agronomskih svojstava pri LN i HN za sve godine i lokacije ispitivanja

	N razina	PH	GPC	GNV	NTA	HI	NHI	NUE	NUpE	NUtE	NUtE_ PROT	NUE_ PROT	NRE	BPE	PANU
GY	LN	-0,62**	-0,74**	0,81**	0,71**	0,77**	0,62**	0,99**	0,69**	0,80**	-0,61**	-0,65**	0,34*	-0,22	0,42**
	HN	-0,67**	-0,70**	0,74**	0,48**	0,75**	0,60**	0,99**	0,49**	0,75**	-0,89**	-0,63**	0,29*	-0,25	0,38**
PH	LN		0,38**	-0,59**	-0,48**	-0,75**	-0,54**	-0,59**	-0,45**	-0,49**	0,25	0,31*	-0,25	0,52**	-0,22
	HN		0,38**	-0,64**	-0,29*	-0,81**	-0,68**	-0,65**	-0,28*	-0,49**	0,50**	0,33*	-0,38**	0,62**	-0,42**
GPC	LN			-0,24	-0,12	-0,61**	-0,39**	-0,74**	-0,11	-0,93**	0,47**	0,95**	-0,29*	-0,23	-0,16
	HN			-0,07	0,19	-0,64**	-0,44**	-0,70**	0,18	-0,94**	0,56**	0,95**	-0,26	-0,28	0,08
GNV	LN				0,93**	0,64**	0,63**	0,80**	0,90**	0,36*	-0,49**	-0,17	0,25	-0,54**	0,48**
	HN				0,83**	0,50**	0,50**	0,73**	0,83**	0,17	-0,72**	-0,01	0,18	-0,64**	0,64**
NTA	LN					0,40**	0,31*	0,71**	0,99**	0,16	-0,46**	-0,06	0,06	-0,53**	0,54**
	HN					0,04	-0,06	0,46**	0,99**	-0,21	-0,62**	0,22	-0,15	-0,57**	0,62**
HI	LN						0,83**	0,75**	0,34*	0,77**	-0,40**	-0,56**	0,45**	-0,40**	0,19
	HN						0,85**	0,75**	0,05	0,78**	-0,56**	-0,58**	0,47**	-0,38**	0,18
NHI	LN							0,60**	0,25	0,64**	-0,33*	-0,32*	0,58**	-0,29*	0,08
	HN							0,59**	-0,05	0,66**	-0,35*	-0,38**	0,62**	-0,23	0,13
NUE	LN								0,70**	0,80**	-0,63**	-0,65**	0,36*	-0,20	0,40**
	HN								0,49**	0,76**	-0,90**	-0,65**	0,29*	-0,25	0,36*
NUpE	LN									0,13	-0,48**	-0,05	0,05	-0,50**	0,54**
	HN									-0,19	-0,65**	0,20	-0,15	-0,58**	0,61**
NUtE	LN										-0,47**	-0,86**	0,46**	0,12	0,11
	HN										-0,55**	-0,89**	0,42**	0,19	-0,08
NUtE_PROT	LN											0,41**	-0,19	0,25	-0,24
	HN											0,51**	-0,09	0,31*	-0,38**
NUE_PROT	LN												-0,19	-0,24	-0,15
	HN												-0,27	-0,29*	0,09
NRE	LN													-0,10	-0,28
	HN													-0,11	-0,34*
BPE	LN														-0,09
	HN														-0,46**

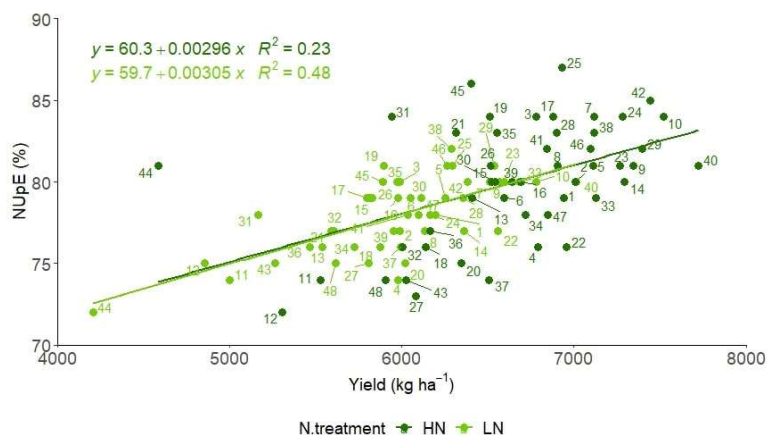
***, ** i * - značajnost pri razini vjerojatnosti $p < 0,001$, $p < 0,01$, $p < 0,05$

Od izvedenih svojstava specifičnih za dušik, NUE je pokazao jaku pozitivnu korelaciju s GNY i NUtE pri obje razine gnojidbe te s NUpE pri LN dok je pri HN korelacija srednje pozitivna. Također, NUE pokazuje jaku pozitivnu korelaciju s NTA pri LN, dok je pri HN srednje pozitivna. Pri oba tretmana, NUE je bio u vrlo jakoj i jakoj negativnoj korelaciji s NUtE_PROT i NUE_PROT. NUpE je u vrlo jakoj pozitivnoj korelaciji s GNY i NTA i u srednje negativnoj korelaciji s BPE pri obje razine gnojidbe. NUtE je u jakoj pozitivnoj korelaciji s HI i NHI te u vrlo jakoj negativnoj korelaciji s NUE_PROT.

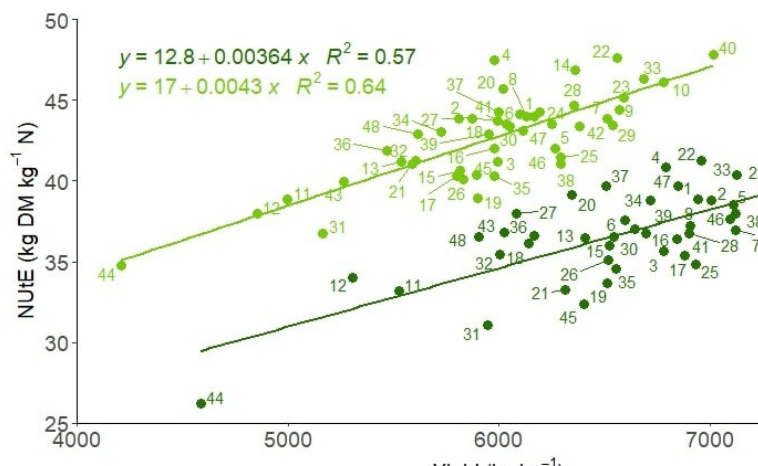
Korištenjem BLUP vrijednosti (najbolja linearna nepristrana procjena) uočena je značajna negativna linearna ovisnost između GY i GPC pri oba tretmana (R^2 model = 0,54 LN i 0,49 HN) (Grafikon 4.). Za komponente NUE, utvrđena je umjereno pozitivna povezanost GY s NUpE pri LN (R^2 model = 0,48) i slabija pri HN (R^2 model = 0,23) (Grafikon 5.) te umjereno pozitivna povezanost između GY i NUtE pri oba tretmana (R^2 model = 0,64 pri LN i 0,57 pri HN) (Grafikon 6.).



Grafikon 4. Povezanost prinosa i sadržaja proteina u zrnu pri LN i HN

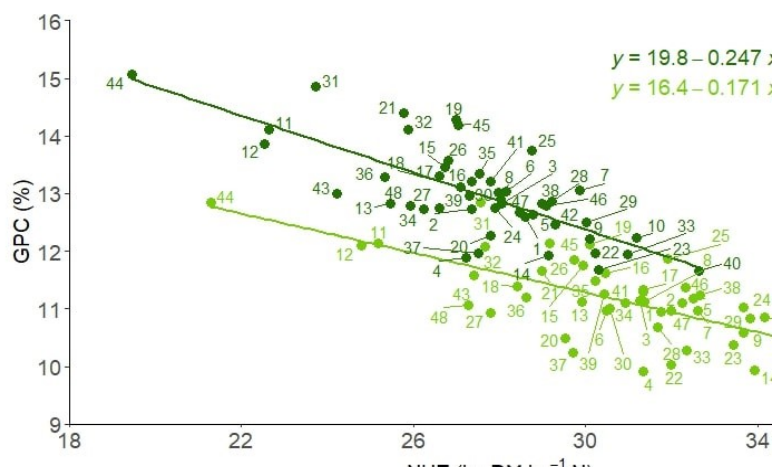


Grafikon 5. Povezanost prinosa i NUpE pri LN i HN

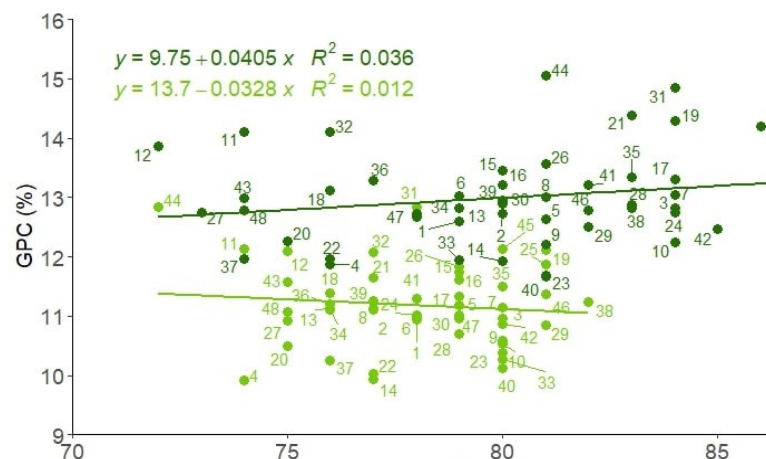


Grafikon 6. Povezanost prinosa i NUtE pri LN i HN

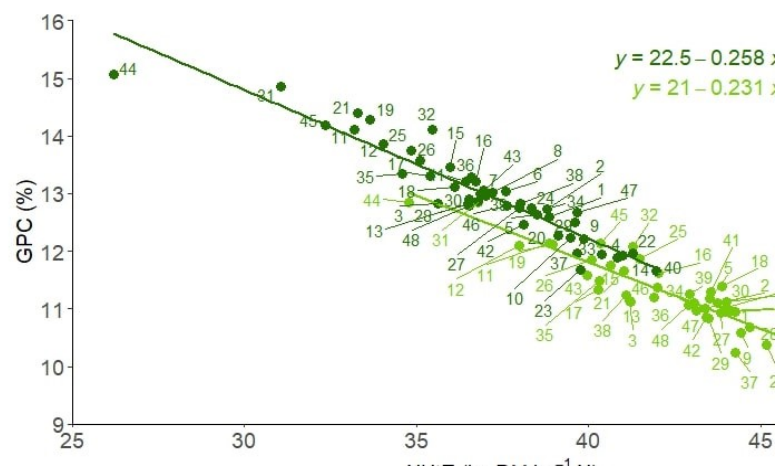
Iako je GY intrinzično u pozitivnoj linearnoj povezanosti s NUE, GPC je bio u umjereno negativnoj povezanosti pri oba tretmana (R^2 model = 0,47 pri LN i 0,55 pri HN) (Grafikon 7.). NUpE nije bio linearno značajan s GPC pri oba tretmana (Grafikon 8.). Nasuprot tome, NUtE je bio u vrlo jakoj negativnoj vezi s GPC pri oba tretmana (R^2 model = 0,87 pri LN i 0,89 pri HN). (Grafikon 9.).



Grafikon 7. Povezanost sadržaja proteina u zrnu i NUpE pri LN i HN

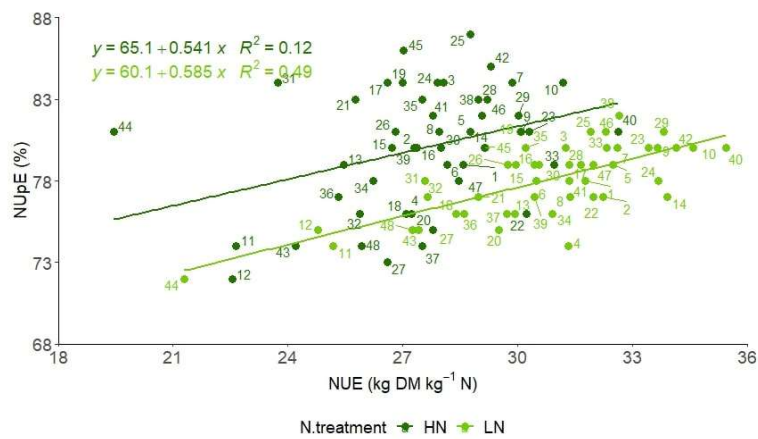


Grafikon 8. Povezanost sadržaja proteina u zrnu i NU_pE pri LN i HN

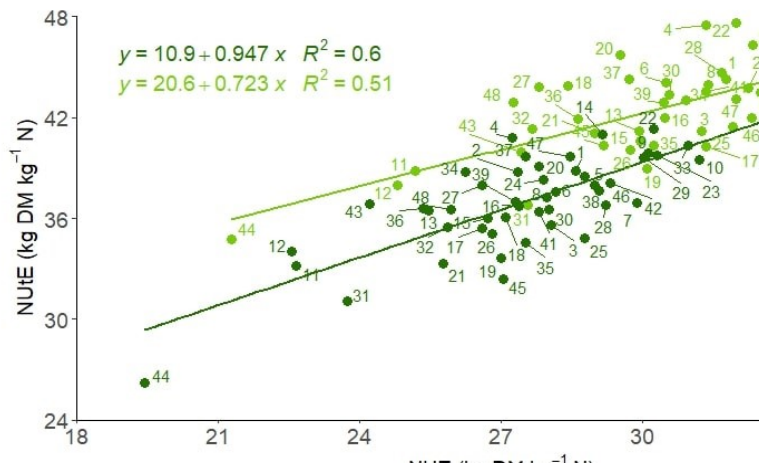


Grafikon 9. Povezanost sadržaja proteina u zrnu i NU_tE pri LN i HN

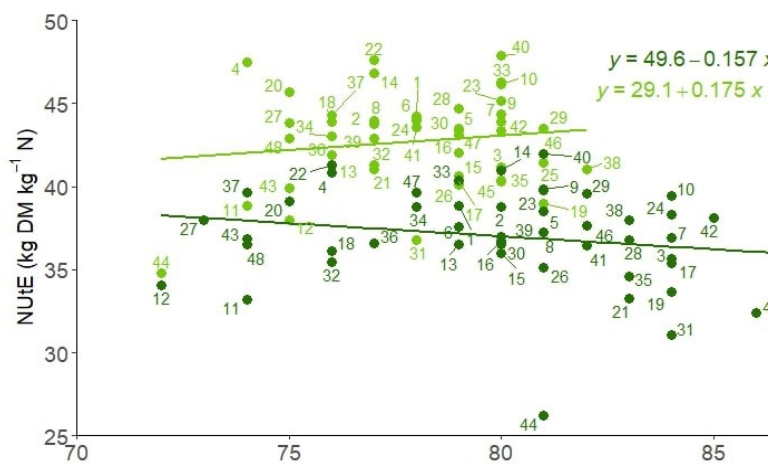
Između NUE i njegovih komponenata, umjereno pozitivna povezanost uočena je za NUE i NU_pE pri LN (R^2 model = 0,49) ali slabija pri HN (R^2 model = 0,12), (Grafikon 10.). NUE je bio u jakoj do umjereno jakoj pozitivne povezanosti s NU_tE (R^2 model = 0,60 pri HN i 0,51 pri LN) (Grafikon 11.). Između NU_pE i NU_tE nije uočena povezanost niti pri jednoj razini gnojidbe (Grafikon 12.).



Grafikon 10. Povezanost NUpE i NUE pri LN i HN



Grafikon 11. Povezanost NUtE i NUE pri LN i HN



Grafikon 12. Povezanost NUpE i NUtE pri LN i HN

3.7. Doprinos izvora variranja na agronomska svojstva

Vrijednosti agronomskih svojstava ovise o utjecaju genotipa, okoline, o interakcijama između genotipa i okoline, genotipa i N-tretmana i N-tretmana i okoline. Gnojidba dušikom nije uzeta kao izvor variranja zbog nemogućnosti konvergencije analize modela u R paketu *sommer*. Detaljan prikaz utjecaja izvora variranja na agronomska svojstva prikazan je u Tablici 10. Od izvora variranja, genotip ima najveći utjecaj na PH (69,71 %), NUE (42,07 %) i NUtE (35,67 %). Na GPC, genotip ima 32,10 %, okolina 40,44 %, interakcija genotipa i okoline 6,72 %, a interakcija N-tretmana i okoline 10,97 % utjecaja. Okolina ima najveći utjecaj na GY (57,71 %), BPE (78,54 %), NTA (69,11 %), GNY (64,89 %) NRE (63,53 %), NUE_PROT (66,86 %), NUtE_PROT (34,55 %) i HI (52,76 %). Interakcije između genotipa, okoline i N-tretmana ne predstavljaju glavni izvor variranja za agronomska svojstva, ali imaju značajan utjecaj. Interakcija između genotipa i okoline značajna je za gotovo sva agronomska svojstva osim za NUtE_PROT, BPE i PANU, a najveći utjecaj ima na NHI (18,56%) i NUE (12,21%). Interakcija između N-tretmana i okoline također ima značajan doprinos variranju agronomskih svojstava, osim za NHI i NUtE_PROT. Najveći doprinos ima za GPC (10,97 %), GNY (13,27 %), NUE (13,97 %), NUtE (15,68 %) i NREM (11,62 %). Interakcija između genotipa i N-tretmana nije značajna niti za jedno agronomsko svojstvo (Tablica 10).

Tablica 10. Prikaz utjecaja i značajnosti izvora variranja na agronomska svojstva

	Doprinos izvora variranja (%)					
	Genotip (G)	Okolina (E)	G × E	G × N	N × E	Reziduali
GY	19,71***	57,71**	6,39***	0,00 ^{ns}	4,21***	11,98
PH	69,71***	16,32***	5,24***	0,00 ^{ns}	0,33*	8,40
GPC	32,10***	40,44*	6,72***	0,46 ^{ns}	10,97***	9,30
GNY	7,10***	64,89*	3,70***	0,04 ^{ns}	13,27***	10,99
NTA	4,85***	69,11**	2,70*	0,19 ^{ns}	8,16***	15,0
HI	21,92***	52,76***	6,30***	0,34 ^{ns}	1,16*	17,52
NHI	12,64***	36,19 ^{ns}	18,56***	0,35 ^{ns}	2,75 ^{ns}	29,53
NUE	42,07***	3,41 ^{ns}	12,21***	0,00 ^{ns}	13,97***	28,34
NUpE	18,61***	12,1*	10,30*	0,00 ^{ns}	1,54*	57,45
NUtE	35,67***	18,39 ^{ns}	5,78***	0,00 ^{ns}	15,68***	24,49
NUtE_PROT	5,51**	34,55**	0,14 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,97 ^{ns}	58,82
NUE_PROT	12,76***	66,86***	3,47***	0,00 ^{ns}	6,85***	10,06
NRE	0,85 ^{ns}	63,53***	3,97***	1,30 ^{ns}	11,62***	18,74
BPE	3,59***	78,54***	1,63 ^{ns}	0,60 ^{ns}	2,54***	13,10
PANU	4,41*	24,61*	6,44 ^{ns}	0,00 ^{ns}	3,05*	61,49

***, **, * i ns - značajnost pri razini vjerojatnosti $p < 0,001$, $p < 0,01$, $p < 0,05$ i $p > 0,05$

3.8. Heritabilnost svojstava i genetska korelacija

Heritabilnosti za agronomska svojstva, genetska korelacija i utjecaj indirektna selekcije prikazani su u Tablici 11. Raspon heritabilnost među N-tretmanima kretao se od 0,60 za NUtE_PROT do 0,98 za PH. Direktno mjerena svojstva (GY, PH i GPC) imala su vrijednosti heritabilnosti veće od 0,91. Kod ostalih agronomskih svojstava (HI, NHI, NUE, NUtE i NUE_PROT) zabilježena je heritabilnost u rasponu od 0,88 do 0,96. Za ostala agronomska svojstva (NUpE, NUtE_PROT, NRE, BPE, NTA i PANU), zabilježena je heritabilnost u rasponu od 0,67 do 0,83. Procjene heritabilnosti za većinu agronomskih svojstava pri LN i HN pokazale su slične vrijednosti uz nešto malo veće vrijednosti pri HN. Najveće razlike heritabilnosti zabilježene su kod NTA, BPE i NUtE_PROT.

Tablica 11. Prikaz vrijednosti heritabilnosti, genetske korelacije i utjecaja direktne selekcije

Svojstvo	Heritabilnost		Genetska korelacija	Utjecaj direktne selekcije
	LN	HN	$r_g \pm$ s.e.	CR _{LN} /R _{LN}
GY	0,92 ± 0,02	0,92 ± 0,02	1,03 ± 0,020	1,00
PH	0,97 ± 0,01	0,98 ± 0,00	1,00 ± 0,004	1,01
GPC	0,95 ± 0,01	0,95 ± 0,01	1,00 ± 0,011	1,00
GNy	0,84 ± 0,05	0,88 ± 0,03	1,07 ± 0,054	1,02
NTA	0,75 ± 0,01	0,83 ± 0,05	1,12 ± 0,130	1,05
HI	0,90 ± 0,02	0,93 ± 0,02	0,99 ± 0,032	1,01
NHI	0,84 ± 0,05	0,85 ± 0,04	1,00 ± 0,087	1,01
NUE	0,93 ± 0,02	0,94 ± 0,02	1,03 ± 0,023	1,01
NUpE	0,81 ± 0,05	0,85 ± 0,06	1,12 ± 0,120	1,02
NUtE	0,92 ± 0,02	0,94 ± 0,01	1,00 ± 0,026	1,01
NUtE_PROT	0,60 ± 0,45	0,83 ± 0,05	1,21 ± 0,570	1,18
NUE_PROT	0,91 ± 0,02	0,92 ± 0,02	0,96 ± 0,041	0,97
NRE	0,69 ± 0,17	0,65 ± 0,24	0,42 ± 0,400	0,41
BPE	0,77 ± 0,09	0,87 ± 0,03	0,86 ± 0,130	0,91
PANU	0,63 ± 0,29	0,62 ± 0,033	1,22 ± 0,610	0,99

Analizirajući genetske korelacije za agronomska svojstva između LN i HN, utvrđeno je da se one nalaze oko vrijednosti 1 za većinu svojstava osim za NRE ($r_G = 0,42$), BPE ($r_G = 0,86$) NTA ($r_G = 1,12$), NUpE ($r_G = 1,12$), NUtE_PROT ($r_G = 1,21$) i PANU ($r_G = 1,22$). Također, izmjerene vrijednosti utjecaja direktne selekcije bile su oko vrijednosti 1 za većinu agronomskih svojstava osim za NUtE_PROT (CR_{LN}/R_{LN} = 1,18) i NRE (CR_{LN}/R_{LN} = 0,41). Vrijednosti blizu 1 upućuju na to da će indirektna selekcija pri optimalnim uvjetima biti jednako učinkovita kao i direktna

selekcija u uvjetima reducirane gnojidbe. Za svojstvo NUtE_PROT, zbog niže heritabilnosti pri LN u odnosu na HN, indirektna selekcija sugerira veću učinkovitost. Za svojstva NRE i BPE za bolju učinkovitost preporučuje se direktna selekcija.

3.9. Utjecaj godine priznavanja genotipa na agronomska svojstva

Utjecaj godine priznavanja genotipova (1936. - 2016.) na agronomska svojstva pri LN i HN ispitan je regresijskom analizom, a rezultati su prikazani u Tablici 12. samo za statistički značajne veze. Godišnja promjena u postotcima izražena je kao omjer nagiba pravca i srednje vrijednosti agronomskog svojstva pri različitim razinama gnojidbe. Većina agronomskih svojstava pokazuje značajni porast tijekom vremena i za HN i za LN. Za ispitivane genotipove prinos je rastao 0,31 % godišnje pri LN, a 0,33% pri HN. Pri obje razine dušika došlo je i do porasta za GNY (0,23 % LN i 0,25 % HN godišnje), HI (0,24 % LN i 0,28 % HN godišnje), NHI (0,07 % godišnje za obje razine) i NTA (0,16 % LN i 0,12 % HN godišnje).

Tablica 12. Linearna regresija između godine registracije genotipa (1936 – 2016) i analiziranih svojstava pri LN i HN razini gnojidbe (n genotipa = 48)

Svojstvo	b-(regresijski koeficijent)	Godišnja promjena (%)	R ²
GY-LN	18,360***	0,31	0,32
GY-HN	22,810***	0,34	0,37
PH-LN	-0,321***	-0,38	0,31
PH-HN	-0,358***	-0,42	0,34
GPC-LN	-0,011 ^{ns}	-0,10	0,07
GPC-HN	-0,013*	-0,10	0,08
GNY-LN	0,277***	0,23	0,35
GNY-HN	0,382***	0,25	0,33
NTA-LN	0,236***	0,16	0,26
NTA-HN	0,215*	0,12	0,09
HI-LN	0,111***	0,24	0,28
HI-HN	0,133***	0,28	0,33
NHI-LN	0,060***	0,07	0,21
NHI-HN	0,060***	0,07	0,21
NUE-LN	0,102***	0,33	0,35
NUE-HN	0,098***	0,30	0,29
NUpE-LN	0,098***	0,15	0,23
NUpE-HN	0,102***	0,12	0,09
NUtE-LN	0,065**	0,15	0,14
NUtE-HN	0,098**	0,20	0,35
BPE-LN	-0,135*	-0,13	0,10
BPE-HN	-0,095*	-0,11	0,08
PANU-LN	0,226 ^{ns}	0,38	0,08
PANU-HN	0,301***	0,51	0,25

***, **, * i ns - značajnost pri razini vjerojatnosti p<0,001, p<0,01, p<0,05 i p>0,05

Analizom je utvrđen i značajan porast vrijednosti svojstava vezanih za učinkovitost korištenja dušika i njegovih komponenti NUE (0,33 % LN i 0,30 % HN godišnje), NUtE (0,15% LN i 0,20 % HN godišnje) i NU_pE (0,15 % LN i 0,12 % HN godišnje). Trend sniženja vrijednosti agronomskih svojstava tijekom vremena uočen je za PH (-0,38 % LN i -0,42 % HN godišnje) i BPE (-0,13 % LN i -0,11 % HN godišnje). Za sadržaj proteina u zrnu uočeno je značajno godišnje smanjenje -0,10 % pri HN i neznajno smanjenje pri LN. Sličan trend zabilježen je i za PANU gdje je došlo do značajnog godišnjeg porasta od 0,51 % pri HN i neznajnog porasta pri LN. Uspoređujući trendove svojstava pri LN i HN uočeno je da su veće promjene zabilježene pri HN (osim za NTA, BPE i NUE). Za NUE_PROT, NUtE_PROT i NRE pri oba N-tretmana, nisu zabilježene značajne godišnje promjene stoga rezultati nisu prikazani. U ovoj analizi godina priznavanja sorte nije prava nezavisno promjenjiva varijabla nego se gleda kao *proxy* varijabla te se kao takva koristila u opisu promjena vrijednosti agronomskih svojstava.

3.10. BLUP vrijednosti za prinos i indekse stresa

BLUP vrijednosti za prinos pri optimalnoj i niskoj razini dušika te za devet indeksa stresa među ispitivanim genotipovima prikazane su u Tablici 13. Genotipovi Sofru i BC Opsesija dali su najveći prinos pri obje razine dušika. Isti genotipovi dali su najveće vrijednosti za: MP (7368 i 7150), GMP (7359 i 7141), HM (7351 i 7131), STI (1,222 i 1,150) te za YI (1,173 i 1,134). Genotip U1 dao je najniži prinos pri oba N-tretmana te je imao najniže vrijednosti za indekse: MP (4398), GMP (4394), HM (4390), STI (0,436) i YI (0,704). Genotipovi Katarina i Ficko imali su najviše vrijednosti za indekse TOL (1118 i 1084) i SSI (1,510 i 1,549), a najniže vrijednosti za YSI (0,847 i 0,843) i RSI (0,942 i 0,938). Nasuprot njima, genotip Flamura 85 dao je najniže vrijednosti za TOL (266) i SSI (0,426) te najveće vrijednosti za YSI (0,957) i RSI (1,065). Iako se genotipovi Katarina, Ficko i Flamura 85 ne ističu po ekstremnim vrijednostima prinosa pri različitim razinama gnojidbe, ističu se po različitom utjecaju reducirane gnojidbe na prinos. Prema indeksima TOL, SSI, YSI i RSI, smanjena količina dušika najviše je utjecala na prinos genotipova Katarina i Ficko, a najmanje kod genotipa Flamura 85.

Tablica 13. BLUP vrijednosti za prinos zrna pod visokom (Yp) i niskom (Ys) razinom dušika i vrijednosti devet indeksa stresa za 48 genotipova ozime pšenice.

ID	Genotip	Yp	Ys	TOL	MP	GMP	HM	SSI	STI	YI	YSI	RSI
G1	Andelka	6941	6195	747	6568	6557	6547	1,058	0,970	1,036	0,892	0,993
G2	BC Anica	7007	5991	1016	6499	6479	6459	1,426	0,947	1,002	0,855	0,952
G3	BC Bernarda	6778	5992	787	6385	6373	6361	1,142	0,916	1,002	0,884	0,984
G4	BC Certissa	6791	5980	811	6385	6372	6359	1,175	0,916	1,000	0,881	0,980
G5	BC Darija	7109	6251	858	6680	6666	6653	1,187	1,003	1,045	0,879	0,979
G6	BC Irena	6595	6099	496	6347	6342	6337	0,739	0,907	1,020	0,925	1,030
G7	BC Irma	7118	6512	606	6815	6808	6802	0,837	1,046	1,089	0,915	1,018
G8	BC Lorena	6903	6131	772	6517	6506	6494	1,100	0,955	1,025	0,888	0,989
G9	BC Ljepotica	7345	6567	777	6956	6945	6934	1,041	1,088	1,098	0,894	0,995
G10	BC Opsesija	7518	6782	736	7150	7141	7131	0,963	1,150	1,134	0,902	1,004
G11	BC Tena	5526	4999	528	5262	5256	5249	0,939	0,623	0,836	0,905	1,007
G12	Bezostajal	5304	4857	448	5081	5076	5071	0,830	0,581	0,812	0,916	1,019
G13	Bologna	6406	5539	867	5972	5957	5941	1,332	0,800	0,926	0,865	0,962
G14	Calisol	7295	6362	933	6829	6813	6797	1,258	1,047	1,064	0,872	0,971
G15	Dropia	6523	5815	707	6169	6159	6148	1,067	0,856	0,972	0,892	0,992
G16	Felix	6694	5978	716	6336	6326	6316	1,053	0,903	1,000	0,893	0,994
G17	Ficko	6881	5798	1084	6340	6316	6293	1,549	0,900	0,969	0,843	0,938
G18	Flamura 85	6140	5874	266	6007	6006	6004	0,426	0,814	0,982	0,957	1,065
G19	Forcali	6513	5897	615	6205	6197	6190	0,929	0,867	0,986	0,906	1,008
G20	Galloper	6345	6018	327	6181	6179	6177	0,507	0,861	1,006	0,948	1,056
G21	Golubica	6313	5589	723	5951	5940	5929	1,127	0,796	0,935	0,885	0,986
G22	Graindor	6959	6557	402	6758	6755	6752	0,568	1,029	1,096	0,942	1,049
G23	Isengrain	7265	6593	672	6929	6921	6913	0,910	1,081	1,102	0,907	1,010
G24	Katarina	7285	6167	1118	6726	6703	6680	1,510	1,014	1,031	0,847	0,942
G25	Kraljica	6931	6292	639	6611	6604	6596	0,906	0,984	1,052	0,908	1,011
G26	Lukullus	6519	5830	689	6175	6165	6156	1,039	0,858	0,975	0,894	0,996
G27	Mihelca	6081	5810	271	5946	5944	5943	0,439	0,797	0,971	0,955	1,064
G28	MV-Nador	6898	6356	542	6627	6621	6616	0,773	0,989	1,063	0,921	1,026
G29	MV-Nemere	7397	6538	859	6967	6954	6941	1,143	1,091	1,093	0,884	0,984
G30	OS-Jelena	6541	6050	491	6296	6291	6286	0,739	0,893	1,012	0,925	1,030
G31	OS-Olimpija	5943	5166	777	5555	5541	5528	1,287	0,693	0,864	0,869	0,968
G32	OS-Crvenka	6004	5605	398	5804	5801	5798	0,653	0,759	0,937	0,934	1,039
G33	Prima	7125	6683	442	6904	6900	6897	0,610	1,074	1,117	0,938	1,044
G34	Rebeka	6718	5727	992	6223	6203	6183	1,452	0,868	0,958	0,852	0,949
G35	Renan	6555	5975	580	6265	6258	6251	0,871	0,884	0,999	0,911	1,015
G36	San Pastore	6165	5467	699	5816	5805	5795	1,115	0,760	0,914	0,887	0,987
G37	Sana	6507	5997	511	6252	6247	6241	0,772	0,880	1,003	0,922	1,026
G38	Silvija	7119	6291	828	6705	6692	6679	1,144	1,010	1,052	0,884	0,984
G39	Slavonija	6643	5952	691	6297	6288	6279	1,023	0,892	0,995	0,896	0,997
G40	Sofru	7721	7014	708	7368	7359	7351	0,901	1,222	1,173	0,908	1,011
G41	Srpanjka	6844	6036	808	6440	6427	6414	1,161	0,932	1,009	0,882	0,982
G42	Tika-Taka	7443	6383	1060	6913	6893	6872	1,401	1,072	1,067	0,858	0,955
G43	Tosunbey	6024	5266	758	5645	5632	5619	1,238	0,716	0,880	0,874	0,973
G44	Ul	4586	4210	376	4398	4394	4390	0,806	0,436	0,704	0,918	1,022
G45	Viktoria	6400	5892	508	6146	6141	6136	0,781	0,851	0,985	0,921	1,025
G46	Vulkan	7096	6265	831	6681	6668	6655	1,152	1,003	1,048	0,883	0,983
G47	Waldinger	6847	6115	732	6481	6471	6460	1,052	0,945	1,022	0,893	0,994
G48	Zlatna dolina	5905	5618	287	5762	5760	5758	0,478	0,748	0,939	0,951	1,059

3.11. Analiza varijance za prinos i indekse stresa

Kombinirana ANOVA za BLUP vrijednosti prinosa zrna i devet indeksa stresa prikazana je u Tablici 14. Utvrđene su značajne razlike između genotipova za Yp, Ys, MP, GMP, HM, STI i YI. Interakcije između lokacija su značajne za Yp, Ys, MP, GMP i HM. Interakcije između godina su značajne samo za Yp, Ys, TOL, STI i YSI. Interakcije između genotipa i lokacije (G×L), genotipa i godine (G×Y), lokacije i godine (L×Y) te između genotipa, lokacije i godine (G×L×Y) su značajne za Yp, Ys, MP, GMP, HM i STI. G×L i L×Y interakcije su značajne za

TOL, dok su $G \times L$ i $G \times Y$ značajne za YI. Također, $L \times Y$ je značajna za YSI, a $G \times L$ za RSI. Nijedna interakcija nije značajna za SSI.

Tablica 14. Kombinirana analiza varijance za BLUP prinosa zrna na dvije razine dušika i devet indeksa stresa za 48 genotipova ozime pšenice.

Izvor variranja	df	F vrijednosti										
		Yp	Ys	TOL	MP	GMP	HM	SSI	STI	YI	YSI	RSI
Genotip (G)	47	16,10 ^{***}	10,97 ^{***}	1,02 ^{ns}	25,09 ^{***}	21,42 ^{***}	18,98 ^{***}	0,90 ^{ns}	18,17 ^{***}	12,29 ^{***}	0,89 ^{ns}	0,99 ^{ns}
Lokacija (L)	2	383,69 ^{***}	337,96 ^{***}	1,05 ^{ns}	697,00 ^{***}	613,61 ^{***}	556,62 ^{***}	1,99 ^{ns}	1,60 ^{ns}	0,00 ^{ns}	2,37 ^{ns}	1,90 ^{ns}
Godina (Y)	1	21,64 ^{***}	17,07 ^{***}	39,70 ^{***}	0,06 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,27 ^{ns}	2,96 ^{ns}	36,17 ^{***}	0,00 ^{ns}	47,34 ^{***}	2,61 ^{ns}
$G \times L$	94	2,34 ^{***}	1,98 ^{***}	1,55 ^{**}	2,71 ^{***}	2,45 ^{***}	2,28 ^{***}	0,76 ^{ns}	2,13 ^{***}	2,12 ^{***}	1,25 ^{ns}	1,52 ^{**}
$G \times Y$	47	2,77 ^{***}	1,61 ^{**}	1,06 ^{ns}	3,21 ^{***}	2,89 ^{***}	2,68 ^{***}	0,88 ^{ns}	2,93 ^{***}	1,77 ^{**}	0,98 ^{ns}	1,15 ^{ns}
$L \times Y$	2	380,79 ^{***}	362,14 ^{***}	33,87 ^{***}	687,88 ^{***}	605,04 ^{***}	549,61 ^{***}	1,71 ^{ns}	26,69 ^{***}	0,00 ^{ns}	26,36 ^{***}	2,18 ^{ns}
$G \times L \times Y$	94	1,71 ^{***}	1,05 ^{ns}	1,08 ^{ns}	1,63 ^{***}	1,53 ^{**}	1,46 ^{**}	0,76 ^{ns}	1,55 ^{**}	1,27 ^{ns}	0,94 ^{ns}	1,09 ^{ns}

***, **, * i ns - značajnost pri razini vjerojatnosti $p < 0,001$, $p < 0,01$, $p < 0,05$ i $p > 0,05$

3.12. BLUP vrijednosti za sadržaj proteina u zrnju i indekse stresa

BLUP vrijednosti za sadržaj proteina u zrnju pri optimalnoj i niskoj razini dušika te za devet indeksa stresa među ispitivanim genotipovima prikazane su u Tablici 15. Genotipovi U1 i OS Olimpija imaju najveći sadržaj proteina pri obje razine dušika. Isti genotipovi dali su najveće vrijednosti za: MP (15,81 % i 15,61 %), GMP (15,76 % i 15,57 %), HM (15,71 % i 15,53 %), STI (1,472 i 1,437) te za YI (1,297 i 1,297). Genotip Sofru imao je najniži sadržaj proteina pri HN (10,34 %), a genotip BC Certissa imao je najniži sadržaj proteina pri LN (8,65 %) te je imao najniže vrijednosti za indekse: MP (2,11 %), GMP (9,65 %), HM (9,59 %), STI (0,552) i YI (0,774). Genotip Golubica imao je najviše vrijednosti za indekse TOL (3,67 %) i SSI (1,667) i najniže za indekse YSI (0,768) i RSI (0,892). Nasuprot njemu, genotip Isengrain dao je najniže vrijednosti za TOL (0,79) i SSI (0,547) te najveće vrijednosti za YSI (0,924) i RSI (1,073). Prema indeksima TOL, SSI, YSI i RSI, smanjena količina dušika najviše je utjecala na sadržaj proteina u zrnju genotipa Golubica, a najmanje kod genotipa Isengrain.

Tablica 15. BLUP vrijednosti za sadržaj proteina u zrnu pod visokom (Pp) i niskom (Ps) razinom dušika i vrijednosti devet indeksa stresa za 48 genotipova ozime pšenice

ID	Genotip	Pp	Ps	TOL	MP	GMP	HM	SSI	STI	YI	YSI	RSI
G1	Andelka	12,19	10,70	1,49	11,45	11,42	11,40	0,877	0,773	0,957	0,878	1,020
G2	BC Anica	12,48	11,01	1,47	11,74	11,72	11,70	0,845	0,814	0,985	0,882	1,025
G3	BC Bernarda	12,67	11,13	1,54	11,90	11,88	11,85	0,872	0,836	0,996	0,878	1,021
G4	BC Certissa	10,76	8,65	2,11	9,71	9,65	9,59	1,407	0,552	0,774	0,804	0,934
G5	BC Darija	12,28	11,17	1,11	11,72	11,71	11,70	0,648	0,813	0,999	0,910	1,057
G6	BC Irena	13,08	10,76	2,32	11,92	11,86	11,81	1,273	0,834	0,962	0,823	0,956
G7	BC Irma	13,11	10,74	2,37	11,93	11,87	11,81	1,297	0,834	0,961	0,819	0,952
G8	BC Lorena	13,04	11,08	1,96	12,06	12,02	11,98	1,078	0,856	0,991	0,850	0,987
G9	BC Ljepotica	11,43	9,98	1,45	10,71	10,68	10,66	0,910	0,676	0,893	0,873	1,015
G10	BC Opsesija	11,49	9,89	1,60	10,69	10,66	10,63	0,999	0,673	0,885	0,861	1,000
G11	BC Tena	15,23	13,10	2,13	14,16	14,12	14,08	1,003	1,182	1,172	0,860	0,999
G12	Bezostajal	14,73	13,00	1,73	13,87	13,84	13,81	0,843	1,135	1,163	0,883	1,025
G13	Bologna	12,66	11,05	1,61	11,86	11,83	11,80	0,912	0,829	0,988	0,873	1,014
G14	Calisol	10,87	8,69	2,18	9,78	9,72	9,66	1,439	0,560	0,777	0,799	0,929
G15	Dropia	13,93	12,33	1,60	13,13	13,11	13,08	0,824	1,018	1,103	0,885	1,028
G16	Felix	13,43	12,04	1,39	12,73	12,72	12,70	0,743	0,958	1,077	0,896	1,042
G17	Ficko	13,61	11,50	2,11	12,55	12,51	12,47	1,112	0,928	1,029	0,845	0,982
G18	Flamura 85	13,25	11,60	1,65	12,43	12,40	12,37	0,893	0,911	1,038	0,875	1,017
G19	Forcali	15,58	13,04	2,54	14,31	14,25	14,20	1,170	1,204	1,166	0,837	0,973
G20	Galloper	11,55	9,81	1,74	10,68	10,64	10,61	1,081	0,671	0,878	0,849	0,987
G21	Golubica	15,79	12,12	3,67	13,96	13,83	13,71	1,667	1,134	1,084	0,768	0,892
G22	Graindor	10,92	8,89	2,03	9,91	9,85	9,80	1,334	0,575	0,795	0,814	0,946
G23	Isengrain	10,37	9,58	0,79	9,98	9,97	9,96	0,547	0,589	0,857	0,924	1,073
G24	Katarina	12,51	10,86	1,65	11,69	11,66	11,63	0,946	0,805	0,971	0,868	1,009
G25	Kraljica	14,48	12,57	1,91	13,53	13,49	13,46	0,946	1,079	1,124	0,868	1,009
G26	Lukullus	14,16	12,49	1,67	13,32	13,30	13,27	0,846	1,048	1,117	0,882	1,025
G27	Mihelca	12,51	10,68	1,83	11,60	11,56	11,52	1,049	0,792	0,955	0,854	0,992
G28	MV-Nador	12,75	10,19	2,56	11,47	11,40	11,33	1,440	0,770	0,911	0,799	0,929
G29	MV-Nemere	12,01	10,50	1,51	11,26	11,23	11,20	0,902	0,747	0,939	0,874	1,016
G30	OS-Jelena	12,81	10,84	1,97	11,82	11,78	11,74	1,103	0,823	0,970	0,846	0,983
G31	OS-Olimpija	16,72	14,50	2,22	15,61	15,57	15,53	0,953	1,437	1,297	0,867	1,008
G32	OS-Crvenka	15,20	12,96	2,24	14,08	14,04	13,99	1,057	1,167	1,159	0,853	0,991
G33	Prima	10,91	9,36	1,55	10,13	10,11	10,08	1,019	0,605	0,837	0,858	0,997
G34	Rebeka	12,48	11,04	1,44	11,76	11,74	11,72	0,828	0,817	0,988	0,885	1,028
G35	Renan	13,70	11,79	1,91	12,74	12,71	12,67	1,000	0,957	1,055	0,861	1,000
G36	San Pastore	13,60	11,22	2,38	12,41	12,35	12,30	1,256	0,904	1,004	0,825	0,959
G37	Sana	10,95	9,32	1,63	10,13	10,10	10,07	1,068	0,605	0,834	0,851	0,989
G38	Silvija	12,64	11,27	1,37	11,96	11,94	11,92	0,778	0,844	1,008	0,892	1,036
G39	Slavonija	12,93	11,31	1,62	12,12	12,09	12,07	0,899	0,867	1,012	0,875	1,016
G40	Sofru	10,34	9,08	1,26	9,71	9,69	9,67	0,874	0,556	0,812	0,878	1,020
G41	Srpanjka	13,43	11,42	2,01	12,43	12,38	12,34	1,074	0,909	1,022	0,850	0,988
G42	Tika-Taka	11,94	10,53	1,41	11,23	11,21	11,19	0,847	0,745	0,942	0,882	1,025
G43	Tosunbey	12,99	11,99	1,00	12,49	12,48	12,47	0,552	0,923	1,073	0,923	1,073
G44	Ul	17,13	14,50	2,63	15,81	15,76	15,71	1,101	1,472	1,297	0,846	0,984
G45	Viktorija	15,39	13,07	2,32	14,23	14,18	14,14	1,082	1,192	1,169	0,849	0,987
G46	Vulkan	12,57	11,56	1,01	12,06	12,05	12,04	0,576	0,861	1,034	0,920	1,069
G47	Waldinger	12,36	10,74	1,62	11,55	11,52	11,49	0,940	0,787	0,961	0,869	1,010
G48	Zlatna dolina	12,56	10,96	1,60	11,76	11,73	11,71	0,914	0,816	0,980	0,873	1,014

3.13. Analiza varijance za sadržaj proteina u zrnu i indeksa stresa

Tablica 16. prikazuje kombiniranu ANOVA analizu za BLUP sadržaja proteina i devet indeksa stresa. Interakcije između genotipova, lokacija, godina, $G \times L$, $G \times Y$, $L \times Y$ i $G \times L \times Y$ su značajne za Pp, MP, GMP i HM, ali nisu značajne za SSI i RSI. Interakcije između genotipova su značajne i za Ys, STI i YI. Interakcije između lokacija su značajne za Ps, TOL, STI i YSI. Interakcije između godina su značajne za Ps. STI i YI su značajni u $G \times L$, $G \times Y$ i $G \times L \times Y$ interakcijama. Ps je značajan u $G \times Y$ i $L \times Y$ interakcijama. TOL je značajan u $L \times Y$ interakcijama.

Tablica 16. Kombinirana analiza varijance za BLUP sadržaja proteina u zrnu i devet indeksa stresa za 48 genotipova ozime pšenice

Izvor variranja	df	F vrijednosti										
		Pp	Ps	TOL	MP	GMP	HM	SSI	STI	YI	YSI	RSI
Genotip (G)	47	23,58***	14,03***	1,04 ^{ns}	35,74***	34,44***	32,81***	0,81 ^{ns}	33,68***	21,65***	0,77 ^{ns}	1,02 ^{ns}
Lokacija (L)	2	78,64***	423,63***	109,02***	435,63***	450,80***	459,82***	0,73 ^{ns}	139,71***	0,00 ^{ns}	139,43***	0,38 ^{ns}
Godina (Y)	1	69,59***	46,41***	0,21 ^{ns}	114,00***	104,36***	94,37***	0,61 ^{ns}	1,39 ^{ns}	0,00 ^{ns}	3,01 ^{ns}	0,37 ^{ns}
G×L	94	1,57**	1,15 ^{ns}	0,90 ^{ns}	1,77***	1,74***	1,70***	0,85 ^{ns}	1,75***	1,67***	0,84 ^{ns}	1,12 ^{ns}
G×Y	47	2,35***	1,44*	0,66 ^{ns}	3,05***	3,008***	2,94***	0,90 ^{ns}	3,11***	2,24***	0,64 ^{ns}	0,83 ^{ns}
L×Y	2	323,52***	167,95***	5,66**	471,48***	462,18***	447,69***	0,59 ^{ns}	1,21 ^{ns}	0,00 ^{ns}	2,34 ^{ns}	0,38 ^{ns}
G×L×Y	94	1,46**	1,01 ^{ns}	0,76 ^{ns}	1,65***	1,61***	1,56**	0,90 ^{ns}	1,62***	1,52***	0,74 ^{ns}	0,97 ^{ns}

***, **, * i ns - značajnost pri razini vjerojatnosti $p < 0,001$, $p < 0,01$, $p < 0,05$ i $p > 0,05$

3.14. Korelacijska analiza za prinos zrna i indekse stresa

Rezultati korelacijske analize za prinos zrna i devet indeksa stresa prikazani su u Tablici 17. Vrlo jaka pozitivna korelacija ($r = 0,98^{**}$) utvrđena je između prinosa pri HN (Yp) i MP, GMP, HM, STI te s YI ($r = 0,94^{**}$). Umjerena pozitivna korelacija prinosa pri HN utvrđena je s TOL ($r = 0,55^{**}$), dok je slaba negativna korelacija utvrđena s indeksima YSI i RSI ($r = -0,33^{*}$). Prinos pri LN (Ys) je također kao i Yp u vrlo jakoj pozitivnoj korelaciji ($r = 0,98^{**}$) s MP, GMP, HM, STI i s YI ($r = 1^{**}$).

Tablica 17. Koeficijenti korelacije između prinosa zrna pod stresnim i nestresnim uvjetima i indeksa stresa

	Ys	TOL	MP	GMP	HM	SSI	STI	YI	YSI	RSI
Yp	0,94**	0,55**	0,99**	0,98**	0,98**	0,33*	0,98**	0,94**	-0,33*	-0,33*
Ys		0,23 ^{ns}	0,98**	0,98**	0,99**	-0,02 ^{ns}	0,98**	1,00**	0,02 ^{ns}	0,02 ^{ns}
TOL			0,41**	0,40**	0,39**	0,97**	0,40**	0,23 ^{ns}	-0,97**	-0,97**
MP				1,00**	1,00**	0,17 ^{ns}	1,00**	0,98**	-0,17 ^{ns}	-0,17 ^{ns}
GMP					1,00**	0,16 ^{ns}	1,00**	0,98**	-0,16 ^{ns}	-0,16 ^{ns}
HM						0,15 ^{ns}	1,00**	0,99**	-0,15 ^{ns}	-0,15 ^{ns}
SSI							0,16 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-1,00**	-1,00**
STI								0,98**	-0,16 ^{ns}	-0,16 ^{ns}
YI									0,02 ^{ns}	0,02 ^{ns}
YSI										1,00**

***, **, * i ns - značajnost pri razini vjerojatnosti $p < 0,001$, $p < 0,01$, $p < 0,05$ i $p > 0,05$

Indeksi koji međusobno najviše koreliraju su MP, GMP, HM, SSI i YI. Sve njihove korelacije su pozitivne i vrlo jake u rasponu od ($r = 0,98 - 1^{**}$). Indeksi TOL i SSI su međusobno u vrlo jakoj pozitivnoj korelaciji ($r = 0,97^{**}$) dok s indeksima YSI i RSI imaju vrlo jaku negativnu

korelaciju ($r = -0,97^{**}$ i $r = -1^{**}$). Od ostalih korelacija značajna je i umjereno pozitivna korelacija indeksa TOL s MP ($r = 0,41^{**}$), GMP ($r = 0,40^{**}$), HM ($r = 0,39^{**}$) i STI ($r = 0,40^{**}$).

3.15. Korelacijska analiza za sadržaj proteina u zrnu i indekse stresa

Rezultati korelacijske analize za sadržaj proteina u zrnu i devet indeksa stresa prikazani su u Tablici 17. Vrlo visoka pozitivna korelacija ($r = 0,99^{**}$) utvrđena je između sadržaja proteina pri HN (Pp) i MP, GMP, HM, STI te s YI ($r = 0,95^{**}$), umjerena pozitivna korelacija sadržaja proteina u zrnu pri HN utvrđena je s TOL ($r = 0,58^{**}$), dok je vrlo slaba negativna korelacija utvrđena s indeksima YSI i RSI ($r = -0,13^{ns}$). Prinos pri LN (Ps) je također kao i Yp u vrlo jakoj pozitivnoj korelaciji ($r = 0,99^{**}$) s MP, GMP, HM, te sa STI ($r = 0,98^{**}$) i YI ($r = 1^{**}$). Indeksi koji međusobno najviše koreliraju su MP, GMP, HM, SSI i YI. Sve njihove korelacije su pozitivne i u rasponu od ($r = 0,98 - 1^{**}$). Indeksi TOL i SSI su međusobno u vrlo jakoj pozitivnoj korelaciji ($r = 0,97^{**}$) dok s indeksima YSI i RSI imaju vrlo jaku negativnu korelaciju ($r = -0,97^{**}$ i $r = -1^{**}$). Od ostalih korelacija značajna je i umjereno pozitivna korelacija indeksa TOL s MP, GMP, HM i STI u rasponu ($r = 0,43 - 0,46^{**}$).

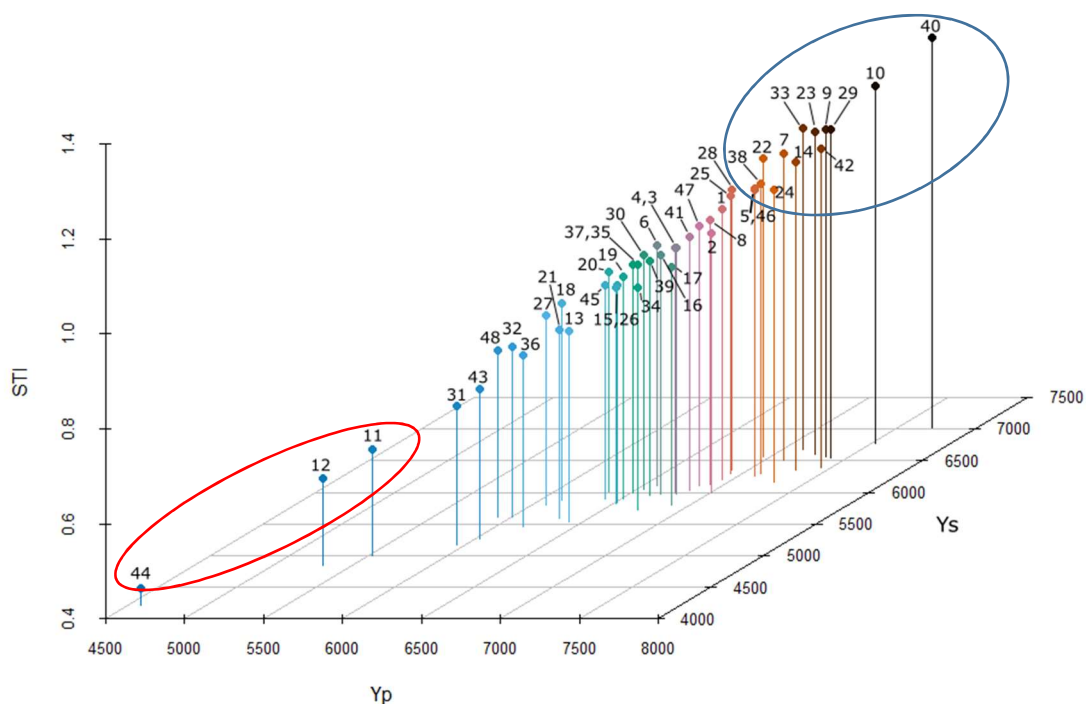
Tablica 17. Koeficijenti korelacije između sadržaja proteina u zrnu pod stresnim i nestresnim uvjetima i indeksa stresa

	Ps	TOL	MP	GMP	HM	SSI	STI	YI	YSI	RSI
Pp	0,95**	0,58**	0,99**	0,99**	0,99**	0,13ns	0,99**	0,95**	-0,13ns	-0,13ns
Ps		0,30*	0,99**	0,99**	0,99**	-0,17ns	0,98**	1,00**	0,17ns	0,17ns
TOL			0,45**	0,44**	0,43**	0,88**	0,46**	0,30*	-0,88**	-0,88**
MP				1,00**	1,00**	-0,01ns	1,00**	0,99**	0,01ns	0,01ns
GMP					1,00**	-0,02ns	1,00**	0,99**	0,02ns	0,02ns
HM						-0,04ns	1,00**	0,99**	0,04ns	0,04ns
SSI							0,00ns	-0,17ns	-1,00**	-1,00**
STI								0,98**	0,00ns	0,00ns
YI									0,17ns	0,17ns
YSI										1,00**

***, **, * i ns - značajnost pri razini vjerojatnosti $p < 0,001$, $p < 0,01$, $p < 0,05$ i $p > 0,05$

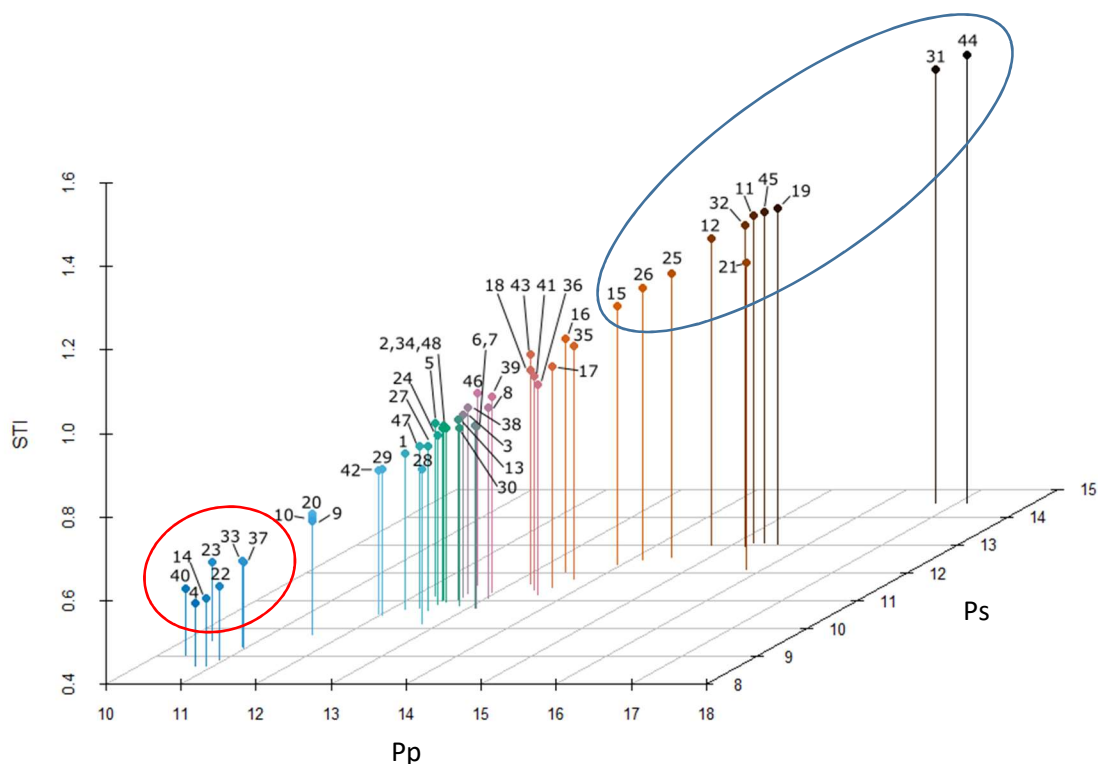
3.16. Identifikacija genotipova ozime pšenice tolerantnih na stres

S obzirom na vrlo visoku pozitivnu korelaciju između prinosa zrna i STI, kao i između sadržaja proteina i STI, pod HN i LN uvjetima, konstruiran je 3D dijagram za identifikaciju tolerantnih genotipova. Na temelju 3D dijagrama prikazanog na Slici 1. genotipovi Sofru (oznaka 40) i BC Opsesija (oznaka 10) posebno se ističu se kao genotipovi s najvišim STI vrijednostima i prinosom zrna pod stresnim i optimalnim uvjetima. Na istom dijagramu istaknut je klaster genotipova čiji je $STI > 1$. To su genotipovi (broj u zagradi predstavlja genotip na dijagramu): BC Darija (5), BC Irma (7), BC Ljepotica (9), BC Opsesija (10), Calisol (14), Graindor (22), Isengrain (23), Katarina (24), MV-Nemere (29), Prima (33), Silvija (38), Tika Taka (42) i Vulkan (46). Suprotno tome, genotipovi U1 (44), BC Tena (11) i Bezostaja1 (12) imaju najniže vrijednosti prinosa zrna pri oba N-tretmana i najniže vrijednosti STI. U poglavlju Prilozi (dodatna Slika 1. a-h) nalaze se 3D dijagrami za prinos i ostale indekse. 3D dijagrami (a), (b), (c), (d) na dodatnoj Slici 1. i 3D dijagram na Slici 3. prikazuju gotovo identičan odnos vertikalne osi (indeksa) između genotipova za različite indekse u odnosu na prinos, dok na 3D dijagramima (e), (f), (g) i (h) nije moguće izdvojiti grupe genotipova koji imaju visoke (ili niske) prinose pri različitim razinama gnojidbe te istovremeno visoke ili niske vrijednosti indeksa.



Slika 1. 3D dijagram za STI i prinos zrna (kg ha^{-1}) pod HN i LN tretmanima kod 48 genotipova ozime pšenice

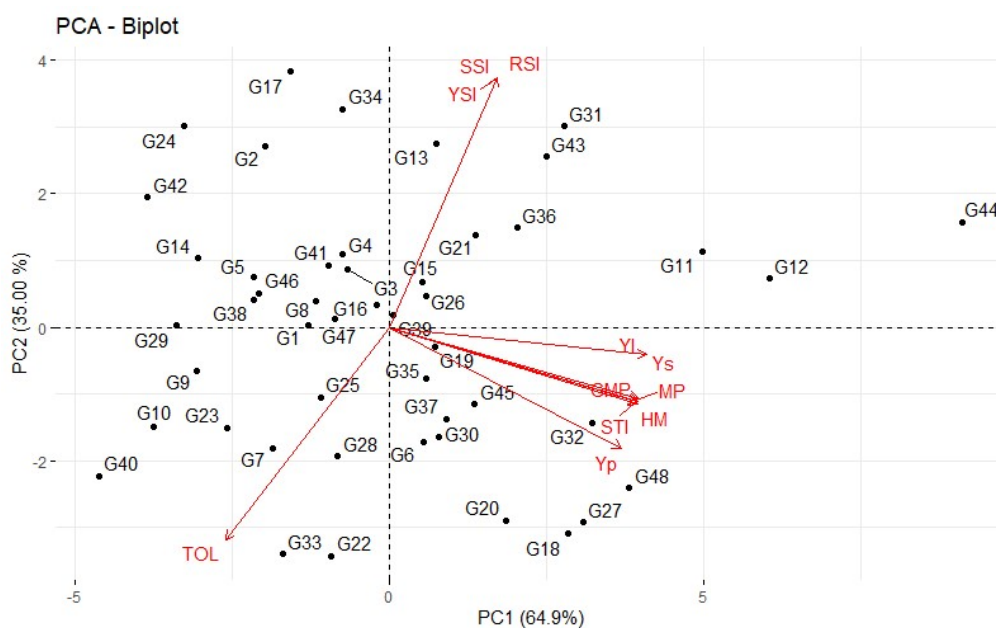
Slično kao i za prinos, konstruiran je 3D dijagram za identifikaciju tolerantnih genotipova s obzirom na STI i sadržaj proteina u zrnu pri HN i LN. 3D dijagram prikazan je na Slici 2. te se na njemu ističe grupa genotipova s visokim vrijednostima sadržaja proteina u zrnu pri oba N-tretmana i STI vrijednostima većim od 1. U toj grupi nalaze se (broj u zagradi predstavlja genotip na slici): BC Tena (11), Bezostaja1 (12), Dropia (15), Forcali (19), Golubica (21), Kraljica (25), Lukullus (26), OS Crvenka (32), Viktorija (45) te U1 (44) i OS Olimpija (31) kao dva najistaknutija genotipa. Na istom dijagramu je također istaknuta grupa genotipova koji imaju nizak sadržaj proteina u zrnu pri HN i LN te najmanju vrijednost STI. U tu grupu pripadaju genotipovi BC Certissa (4), Calisol (14), Graindor (22), Isengrain (23), Prima (33), Sana (37) i Sofru (40). Na dodatnoj Slici 2. (a-h) nalaze se 3D dijagrami za sadržaj proteina u zrnu i ostale indekse. 3D dijagrami (a), (b), (c), (d) na dodatnoj Slici 2. i 3D dijagram na Slici 4. prikazuju gotovo identičan odnos vertikalne osi (indeksa) između genotipova za različite indekse u odnosu na prinos, dok na 3D dijagramima (e), (f), (g) i (h) nije moguće izdvojiti grupe genotipova koji imaju visoke (ili niske) prinose pri različitim razinama gnojidbe te istovremeno visoke ili niske vrijednosti indeksa.



Slika 2. 3D dijagram za STI i sadržaj proteina pod HN i LN tretmanima kod 48 genotipova ozime pšenice

3.17. Analiza glavnih komponenti za devet indeksa stresa, prinos zrna i sadržaj proteina pod HN i LN tretmanima

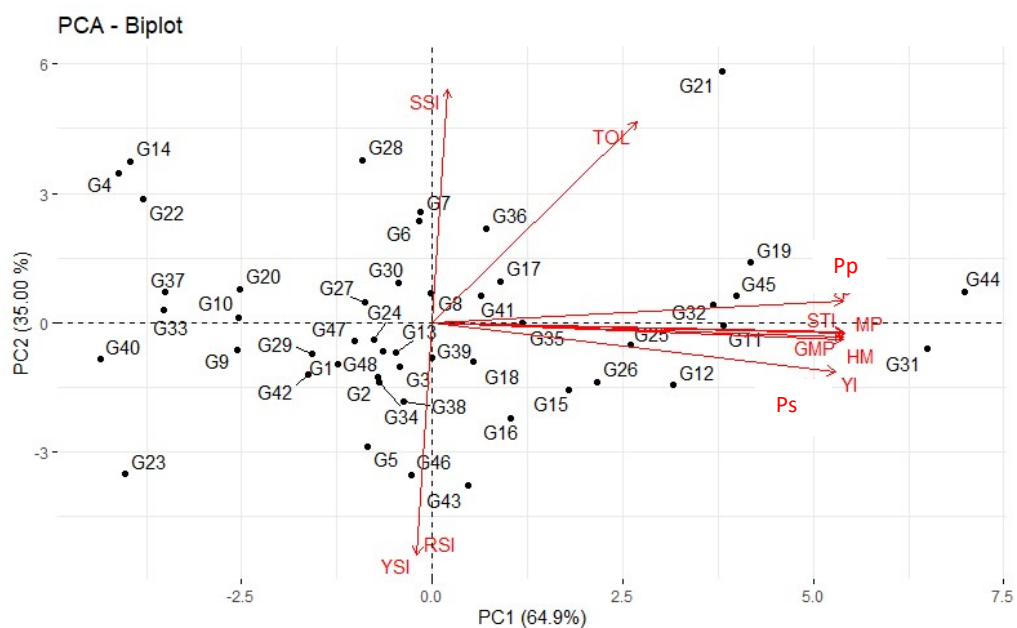
GGE biplot za prinos zrna i devet indeksa stresa prikazan je na Slici 3. Manji kutovi između vektora označavaju veću vrijednost korelacije. Pozitivna korelacija postoji ako je kut manji od 90° , a negativna ako je veći od 90° . Ukupni doprinos prve dvije glavne komponente varijaciji iznosi 99,9 % što je rezultat visoke korelacije između varijabli i matematičke ovisnosti indeksa o svojstvima. Vektori indeksa stresa YI, GMP, MP, HM, STI te vektori Ys i Yp usmjereni su prema desnoj strani (pozitivni PC1), s blagim nagibom prema dolje (negativni PC2). To upućuje da su ovi indeksi međusobno visoko korelirani i da identificiraju iste genotipove kao tolerantne/visokoprinosne. Nadalje vektori indeksa stresa SSI, RSI, YSI usmjereni su prema gore-desno te imaju visok prinos i u stresnim uvjetima, ali s nešto drugačijim obrascem od prethodnih indeksa stresa. Jedini vektor koji je usmjeren lijevo-dolje je vektor za TOL, što znači da je negativno koreliran s ostalim indeksima prinosa.



Slika 3. GGE biplot za prinos zrna temeljen na prvoj (PC1) i drugoj (PC2) glavnoj komponenti za 48 genotipova i različite indekse stresa

GGE biplot za sadržaj proteina u zrnu i devet indeksa stresa prikazan je na Slici 4. Vektori indeksa stresa YI, GMP, MP, HM, STI te vektori Ps i Pp usmjereni su na desnu stranu (pozitivni PC1), s blagim nagibom prema dolje (negativni PC2). Kao i kod prinosa, ovi su indeksi međusobno jako korelirani. Vektor za SSI usmjeren je prema gore te mjeri osjetljivost na stres;

visoka vrijednost znači veći gubitak pod stresom. Vektori za RSI i YSI usmjereni su prema dolje i pokazuju mali gubitak proteina pod stresom. Vektor za TOL usmjeren je gore-desno.



Slika 4. GGE biplot za sadržaj proteina u zrnju temeljen na prvoj (PC1) i drugoj (PC2) glavnoj komponenti za 48 genotipova i različite indekse stresa

4. RASPRAVA

4.1. NUE i povezanost reakcije s genotipom i ostalim svojstvima

NUE je jedan od najvažniji koncepata u procjeni održivosti proizvodnje pšenice jer ukazuje na moguće ispiranje i gubitak hranjiva u okolini koji dolazi iz proizvodnog sustava kulture (Fixen i sur., 2015.). Prema Hawkesford i Griffiths (2019.) ovo svojstvo ili koncept primarno je funkcija sposobnosti biljke da usvoji dušik, a kako tvrde Fageria i Baligar (2005.) ta sposobnost i učinkovitost biljke ovisi o genotipskim karakteristikama i funkcija je strukture i arhitekture korijena. Uočeno je da bolje razvijeno i dublje korijenje može povećati usvajanje dušika iz dubljih slojeva tla i time smanjiti gubitak nitrata i njegovo ispiranje u okoliš (Gastal i Lemaire, 2002.). S obzirom na građu korijena, rast u dubinu korijenja je važniji od njegove gustoće (Thorup-Kristensen i sur., 2009.). Pored usvajanja, druga kritična fiziološka komponenta NUE koncepta predstavlja iskorištavanje dušika u biljci (NUE), odnosno količina zrna proizvedena po jedinici količine dušika (Ciampitti i Vyn, 2012.). Razumijevanje procesa usvajanja dušika koje je u izravnoj korelaciji s NUE nužno je za razvoj izravnih oplemenjivačkih i agronomskih strategija koje paralelno mogu povećati urod zrna i NUE.

Postoje dva puta za poboljšanje NUE u pšenici: poboljšanje upravljanja gnojivom i/ili selekcija novih genotipa poboljšanih sposobnosti usvajanja dušika. Prva opcija usmjerena je na optimizaciju korištenja dušičnih gnojiva prema potrebama usjeva te vremenskim uvjetima i edafskim čimbenicima tla. Druga opcija je razviti genotipove s poboljšanom efikasnošću usvajanja dušika u smislu poboljšanog unosa dušika i njegovog iskorištavanja (Barraclough i sur., 2010.). Važnost ovih komponenti u odnosu na NUE ovisit će o načinu mjerenja i izvođenja ovih svojstava, razini dušičnog stresa i raznolikosti germplazme korištene u evaluaciji (Han i sur., 2015.).

U ovom istraživanju istražen je agronomski odgovor panela od 48 genotipova ozime pšenice na tri lokacije u dvije vegetacijske sezone pri dvije razine gnojidbe (visoka i niska opskrbljenost dušikom). Prema dobivenim rezultatima vidljivo je u uvjetima LN u odnosu na HN da je prinos bio značajno smanjen za 10%, dok je sadržaj proteina u zrnu bio značajno smanjen, za 14%. Razlog većeg utjecaja smanjene opskrbe dušikom na sadržaj proteina u zrnu u odnosu na prinos zrna je u procesu sinteze proteina koja u metaboličkom procesu zahtjeva veću količinu dušika nego sinteza ugljikohidrata. Smanjenja u GNY i količini dušika u nadzemnom dijelu po jedinici površine također su bila manja za približno 20 % kod LN. Suprotno tome, većina izvedenih

NUE svojstava imala je značajno veće srednje vrijednosti kod LN u odnosu na HN, u rasponu od 7 % za NUE_PROT do 19 % za BPE.

Istraživanja u hrvatskim uvjetima uzgoja pokazala su slična smanjenja kod LN za GY (10 %), GPC (13 %) i GNY (21 %) u skupu od 19 europskih genotipova pšenice (Šarčević i sur., 2014.). Odgovori agronomskih svojstava na smanjenu gnojidbu dušikom bili su izraženiji u istraživanju 225 europskih genotipova pšenice koje je pokazalo približno smanjenje za 20 % u GY i GPC te odgovarajuće povećanje od 30 % u NUE i NUtE (Cormier i sur., 2013.). To ukazuje na pojavu snažnijeg stresa uzrokovanog smanjenom gnojidbom dušikom iako je razlika u primijenjenim količinama dušičnih gnojiva između HN i LN tretmana bila konzistentna u svim navedenim istraživanjima. Pojava stresa izazvanog nedostatkom dušika ranije u vegetacijskoj sezoni u istraživanju Cormier i sur. (2013.) moglo bi biti objašnjenje za uočene razlike u agronomskim svojstvima. Osim toga razlike u agronomskim svojstvima mogu biti uzrokovane i zbog razlika u ispitivanom sortimentu uključenom u istraživanje te zbog razlika u agro-ekološkim i klimatskim uvjetima između sjeverozapadne Europe i jugoistočne Europe u kojima je vegetacijska sezona uzgoja pšenice kraća i ekstremni vremenski uvjeti dovode do nižih prosječnih prinosa i šireg jaza u potencijalu prinosa (Cormier i sur., 2013.; Schils i sur., 2018.). Uz razlike u agro-ekološkim uvjetima, različiti odnosi između prinosa zrna i sadržaja proteina u zrnu s razinom usvajanja dušika mogu objasniti razlike u agronomskim svojstvima između istraživanja (Sadras i Lemaire, 2014.).

4.2. Važnost utjecaja genetskih komponenti u analizi NUE

Na temelju provedenog istraživanja utvrđeno je kako je genotipska (G) varijanca ima značajan utjecaj na sva svojstva, osim na NRE. Varijanca za genotip \times okoliš (G \times E) bila je značajna za sva svojstva, osim za NUtE_PROT, BPE i PANU, dok interakcija genotip \times dušik (G \times N) nije bila značajna za nijedno svojstvo. Cormier i sur. (2013) izvijestili su o značajnom G \times N za GY, GPC i nekoliko NUE svojstava, a značajne G \times N interakcije za GY i druga agronomska svojstva također su potvrđene u nekoliko istraživanja pšenice (Ortiz-Monasterio i sur., 1997.; Le Gouis i sur., 2000.; Guarda i sur., 2004.; Laperche i sur., 2006.; Barraclough i sur., 2010.; Gaju i sur., 2011.). Hitz i sur. (2016.) tvrde da postojanje G \times N interakcije može biti korisno za oplemenjivače, jer omogućuje razlikovanje performansi genotipova između dva tretmana dušičnim gnojivima. U istraživanju Šarčević i sur. (2014.), na području Republike Hrvatske G \times N interakcija nije bila značajna za GY, ali je bila značajna za sva svojstva kvalitete zrna i za većinu reoloških parametara, za koje je negativan učinak smanjene gnojidbe dušikom bio

mного jači u odnosu na njezin učinak na GY. U drugim nedavnim istraživanjima koje su proveli Guttieri i sur. (2017.) i Russell i sur. (2017.) nisu utvrđene značajne $G \times N$ interakcije za GY ili bilo koja NUE svojstva za pšenicu uzgojenu u poljskim pokusima u Sjedinjenim Državama. Nedavno istraživanje pokazalo je da su interakcije $G \times N$ za GY u pšenici češće uočavane kada je tri ili više razina dušika korišteno u poljskom pokusu (Brasier i sur., 2020.), što ukazuje da je vjerojatno potrebno nastaviti istraživanje s ciljem preciznije detekcije interakcija $G \times N$. Mogući razlozi za izostanak značajnih interakcija $G \times N$ su slabije izražena razina LN stresa zbog već dodanih hranjiva u osnovnoj i predstjetvenoj gnojidbi te klimatskih prilika s obzirom na količinu i distribuciju padalina koji utiču na usvajanje dušika tijekom vegetacije.

Prema dobivenim rezultatima ovog istraživanja, genetske korelacije između HN i LN bile su visoke za GY, GPC i za izvedena NUE svojstva, odražavajući odsutnost značajne $G \times N$ interakcije za ova svojstva. Dobivene pojedine vrijednosti genetskih korelacija iznad 1 u skladu su s onima dobivenim u literaturi (Šarčević i sur., 2016.), a djelomično objašnjenje za ovakav rezultat leži u analizi temeljenoj na relativno malom broju uzoraka ($N = 48$). Procjene nasljednosti za analizirana svojstva bile su ili slične za dvije razine gnojidbe ili veće kod HN nego LN. Odražavajući to, učinkovitost neizravne selekcije kod HN za performanse kod LN u odnosu na izravnu selekciju kod LN (učinkovitost neizravne selekcije, ISE) bila je ≥ 1 za većinu svojstava. Općenito možemo reći da će neizravna selekcija za GY, GPC i većinu drugih proučavanih svojstava kod optimalne gnojidbe biti najmanje jednako efikasna kao izravna selekcija kod smanjene doze gnojiva. To je u skladu s prethodnim procjenama za pšenicu u Hrvatskoj (Šarčević i sur., 2014.) i sjevernoj Europi (Voss-Fels i sur., 2019.) te ima implikacije za selekciju genotipova pšenice za veću učinkovitost korištenja dušika. U rezultatima prethodnih istraživanja zabilježene su niže vrijednosti ISE, što je bio rezultat visokog dušičnog stresa koji uzrokuje izraženija smanjenja prinosa i/ili sadržaja proteina u zrnu između LN i HN (Brancourt-Hulmel i sur., 2005.; Cormier i sur., 2013.). To je u skladu sa zaključkom Cormier i sur. (2016), koji tvrde da je neizravna selekcija efikasna u umjerenim stresovima nedostatka dušika, ali ne nadmašuje izravnu selekciju u uvjetima ekstremno niske razine dušika. Slično, Hitz i sur. (2016.), proučavajući NUE i povezana svojstva na ozimim pšenicama podrijetlom iz SAD-a, pod kontrastnim stopama gnojidbe dušikom koje su rezultirale ozbiljnim stresom nedostatka dušika, zaključili su da bez testiranja oplemenjivačkih linija u okolišima s niskom opskrbljenošću dušikom istovremeno, neće biti moguće identificirati genotipe s visokim NUE. Međutim, u europskom kontekstu, malo je vjerojatno da će ciljni okoliš biti karakteriziran kao

onaj s niskim sadržajem dušika izvan specijalizirane organske proizvodnje. Međutim, pojavljivanje umjerenog dušičnog stresa mnogo je vjerojatnije unutar sadašnjeg proizvodnog i oplemenjivačkog okvira u područjima s općenito niskom plodnošću tla, smanjenom dostupnošću vode zbog suše ili nepovoljnih vremenskih uvjeta ili u zonama gdje postoje ograničenja u korištenju dušičnih gnojiva zbog zabrinutosti zbog mogućeg ispiranja N. To je također potvrđeno u provedenom istraživanju, gdje je učinak lokacije (Poreč vs. Osijek i Zagreb) bio izraženiji od učinka LN tretmana u smanjivanju GY. Slični rezultati uočeni su i u istraživanju Gaju i sur. (2011.), koji su pokazali da su u četiri od sedam okolina srednje vrijednosti prinosa kod 16 europskih genotipova pšenice uzgojenih kod LN bile značajno veće od odgovarajućih srednjih vrijednosti prinosa pri oba HN i LN u najslabije prinornoj okolini, iako je razlika u količini primijenjenog dušičnog gnojiva između HN i LN tretmana bila čak 200 kg N ha^{-1} . U kasnijem istraživanju, Gaju i sur. (2014.) usporedili su akumulaciju dušika u komponentama usjeva u vrijeme cvatnje, između najviše i najniže prinorne lokacije iz istog eksperimenta, i pronašli su značajno veći sadržaj dušika u plojkama listova, stabljici i lisnim rukavcima i klasu na najviše prinornoj lokaciji, bez obzira na razinu gnojidbe dušikom. Slično, u istraživanju Brasier i sur. (2020.), u kojemu je uključeno 12 ozimih genotipova pšenice iz SAD-a, učinak godine na GY bio je izraženiji od učinka gnojidbe dušikom primijenjene u rasponu od 45 do 134 kg N ha^{-1} .

U praktičnim uvjetima, Cormier i sur., (2013.) testirali su oplemenjivački materijal u različitim okolinama i lokacijama te su oplemenjivačke linije izlagali u utjecaju različitih razina HN i umjerenih LN okoliša. To vjerojatno objašnjava sličnost u genetskom napretku kod HN i LN utvrđenu u ovom i sličnim istraživanjima (Voss-Fels i sur., 2019.). Daljnja optimizacija višeekolinskog okvira mogla bi uključiti smanjenu razinu dušičnih gnojiva na ograničenom broju lokacija kako bi se povećala učestalost stresnih okoliša. To je inače prethodno istraživano kao komponenta NUE selekcijskog okvira kod Cormier i sur. (2013.) i vjerojatno bi dala bolji uvid u stabilnost proizvodnog prinosa oplemenjivačkih linija i kultivara. To bi bilo posebno korisno za procjenu svojstava kvalitete za proizvodnju kruha, koja su se pokazala osjetljivija na smanjenu gnojidbu dušikom od GY (Šarčević i sur., 2014.).

Analizom rezultata ovog istraživanja utvrđeno je da je značajan genetski (oplemenjivački) napredak ostvaren za prinos i većinu analiziranih svojstava kod oba LN i HN u 48 procijenjenih genotipova. Genetsko poboljšanje na godišnjoj razini za GY procijenjeno je na 0,31 % i 0,34 % godišnje s pratećim smanjenjem u PH (-0,38 % i -0,42 %) i BPE (-0,13 % i -0,11 %) kod

LN i HN, respektivno. Kao posljedica smanjivanja PH i BPE uz povećanje GY, HI je povećan za 0,24 % i 0,28 % godišnje kod LN i HN, respektivno.

Iz perspektive poboljšanja NUE stvaranjem novih genotipova pšenice, Cormier i sur. (2013.) utvrdili su povećanje NUE na godišnjoj razini na europskoj pšenici između 1985. i 2010. na 0,37 % i 0,30 %, respektivno, kod LN i HN. Ortiz-Monasterio i sur. (1997.) utvrdili su genetski napredak za NUE na 0,4 - 1,1 % godišnje ovisno o razinama dušika sa CIMMYT-ovim sortama jarim pšenici priznatim između 1962. i 1985. U provedenom istraživanju, napredak u NUE između 1936. i 2016. bio je 0,33 % i 0,30 % godišnje, što se prevodi u genetsko poboljšanje u NUE od 8,26 i 7,94 kg DM kg⁻¹ N ili ukupno 26,7 % i 24,3 % kod LN i HN, respektivno. Slične razine povećanja NUE zabilježene su u istraživanju s kanadskim sortama jare pšenice (Kubota i sur., 2018.; 0,34 % godišnje u NUE pod HN). Kako je NUE složeno svojstvo i definirano je kao umnožak NUpE i NUtE (Moll i sur., 1982.), njegovo poboljšanje trebalo bi se ostvariti kroz selekciju na jednoj od njegovih komponenti. U ovom istraživanju utvrđeno je da NUtE ima jači učinak na NUE od NUpE na temelju procijenjenih koeficijenata korelacije (0,80 prema 0,70 kod LN, i 0,76 prema 0,49 kod HN). To je u skladu s drugim autorima koji su utvrdili genetsku varijaciju u NUE više povezanu s NUtE (Brancourt-Hulmel i sur., 2003.; Gaju i sur., 2011.; Uzik i sur., 2012.; Cormier i sur., 2013.). Međutim, nekoliko drugih istraživanja prijavilo je slične doprinose ili dominaciju NUpE (Van Sanford i MacKown, 1986., Dhugga i Waines, 1989.), posebno kod LN (Ortiz-Monasterio i sur., 1997.; Le Gouis i sur., 2000.). U ovom istraživanju utvrđen je pozitivan utjecaj oplemenjivanja na NUpE (godišnje povećanje od 0,15 % i 0,12 %), i za NUtE (0,15 i 0,20 % kod LN i HN, respektivno).

Kao u drugim istraživanjima (Voss-Fels i sur., 2019.), NUE izmjeren pod LN bio je veći od onog izmjerenog pod HN u analiziranom skupu podataka. To sugerira da do sada odabrani genotipovi imaju urođeni kapacitet za veći NUE, koji opada pod HN uvjetima. Identificiranje genotipova koji mogu održati visok NUE u HN uvjetima trebalo bi omogućiti poboljšanje prinosa s nižim negativnim utjecajem na okoliš. Alternativni cilj NUE predložili su Sylvester-Bradley i Kindred (2009.), koji su definirali ekonomski N optimum kao razinu dušika potrebnu za postizanje visokog prinosa s najnižim troškovima inputa za maksimiziranje profita. Iako se ekonomski N optimum ne može koristiti kao oplemenjivački cilj *per se*, ističe se važnost N odzivnosti za poboljšanje NUE (Swarbreck i sur., 2019.). Naime, genotipovi koji pokazuju visoku odzivnost na dušik koja se održava pod visokom opskrbljenošću dušikom pokazuju niži ekonomski dušični optimum. Prema Sylvester-Bradley i sur. (2015.) selekcija pod različitim razinama dušika procjenjuje odzivnost genotipa na dušik, potencijalno omogućavajući

selekciju genotipova koji su vrlo odzivni na LN i HN. Idealan genotip trebao bi posjedovati visoku genetsku učinkovitost i odzivnost za dušik, pa svojstva za bolju učinkovitost i odzivnost ne bi trebala biti genetski povezana kako bi se odabrao genotip koji ima bolje performanse pod oba uvjeta (Han i sur., 2015.). S druge strane, De Oliveira Silva i sur. (2020.) utvrdili su da genotipovi s visokim srednjim odgovorom i visokom varijabilnošću u svom odgovoru na više razine gnojidbe dušikom tijekom godina mogu pružiti veće mogućnosti za maksimiziranje prinosa što je vrlo korisna informacija za poljoprivredne proizvođače.

U ovom istraživanju utvrđeno je da se agronomska svojstva i svojstva vezana za korištenje dušika značajno razlikuju između razina opskrbljenosti dušikom i okoliša, svojstva su dosljedno korelirana bez obzira na razinu opskrbljenosti. Svi testirani genotipovi pokazali su zajednički usmjeren odgovor kod LN i HN, a razine svojstava kod HN općenito su predviđale razine svojstava kod LN iako izravna selekcija nudi mogućnosti za optimizaciju nekih svojstava vezanih za dušik. Analiza oplemenjivačkog napretka u prethodno spomenutoj literaturi (Šarčević i sur., 2014.) otkrila je povezanost poboljšanja u NUE s poboljšanjem prinosa. Dobiveni rezultati su značajni za primjenu znanja u budućem oplemenjivanju pšenice na veći NUE u jugoistočnoj Europi i pružaju daljnje dokaze potvrđujući da je selekcija kod optimalne razine dušika najrelevantnija za pružanje poboljšanog NUE u pšenici.

4.3. Selekcija genotipova ozime pšenice tolerantnih na nisku razinu dušika pomoću indeksa stresa

Visoka potrošnja dušičnih gnojiva nije rješenje za visoke zahtjeve u biljnoj proizvodnji zbog različitih štetnih učinaka na okoliš (Conley i sur., 2009.). Zbog toga je oplemenjivanje usmjereno na visoku učinkovitost korištenja dušika (NUE) od ključne važnosti za održivu poljoprivrednu proizvodnju. Najčešći cilj oplemenjivanja biljaka jest selekcija genotipova s najboljom uspješnošću u prinosu i parametrima kvalitete zrna u stresnim uvjetima. Najčešće ispitivani stresni uvjeti u agronomskim istraživanjima su nepovoljne klimatske prilike praćene promjenama temperature i/ili nedostatkom vode. No, nedostatak hranjiva, naročito dušika također predstavlja izvor stresa za rast pšenice što se i u ovom istraživanju potvrdilo prvenstveno kroz značajno smanjenje prinosa za 10,16 % i sadržaja proteina u zrnu za 13,85 %.

U provedenom istraživanju korišteni su različiti indeksi stresa kao alat za selekciju genotipova ozime pšenice tolerantnih na nisku razinu dušika. Indeksi MP, GMP, HM, STI i YI pokazali su

vrlo visoku i pozitivnu korelaciju s prinosom zrna i sadržajem bjelančevina u zrnu u stresnim i nestresnim uvjetima. Istraživanja na pšenici koje su proveli Khana i sur. (2014.) te Sio Se i sur. (2006.), ali i na drugim vrstama poput uljane repice i kukuruza (Dehghani i sur., 2009.; Jafari i sur., 2009.; Lyra i sur. 2017.), potvrđuju ovaj trend koreliranosti navedenih svojstava za prinos zrna. Prema istraživanjima na pšenici (Sareen i sur., 2012.; Mohammadi i sur., 2016.), STI, GMP i MP su najrelevantniji indeksi stresa za identifikaciju genotipova otpornijih na uvjete smanjene dostupnosti dušika.

SSI i TOL koriste niske vrijednosti kao kriterij za selekciju. Interakcija između TOL-a i prinosa zrna u uvjetima visoke razine dušika (HN) u ovom istraživanju pokazuje snažnu pozitivnu korelaciju. Različita istraživanja na pšenici (Blanco i sur. 2012.; Singh i sur. 2017.; Clarke i sur. 1992.; Mohammadi R., 2016.) dala su slične rezultate kod visoke razine dušika. Spomenuta istraživanja su zabilježila značajnu negativnu korelaciju između prinosa u stresnim uvjetima i TOL-a, dok je u našem istraživanju ta interakcija bila blago pozitivna. Dobiveni rezultati također se slažu s istraživanjem Ehdaie i Shakiba (1996.) kod kojeg indeks osjetljivosti na stres (SSI) i prinos zrna nisu bili u korelaciji u nestresnim uvjetima kod pšenice.

3D dijagram za prinos zrna i STI pokazuje dva genotipa (Sofru i BC Opsesija) koji daju visoke prinose u uvjetima optimalne i suboptimalne razine dušika, a imaju visoku vrijednost STI. Na istom dijagramu može se identificirati grupa genotipova koji daju niske prinose (BC Tena, Bezostaja i U1) inače prepoznatljivi po niskim prinosima u poljoprivrednoj proizvodnji, pri čemu imaju niske vrijednosti STI. 3D dijagram za sadržaj proteina u zrnu i STI pokazuje klaster od dva genotipa (U1 i OS-Olimpija) koji se ističu po visokom sadržaju GPC pri obje razine dušika i visokim STI i inače visokom sadržaju GPC. Također, prikazana je grupa genotipova (BC Certissa, Calisol, Graindor, Isengrain, Prima, Sana, Sofru) koja daje niski GPC pri oba N-tretmana i inače se prepoznaju po niskom sadržaju GPC i niskoj STI vrijednosti. Svi navedeni genotipovi ističu se kao oni s najvišim vrijednostima prinosa zrna i GPC-a, zajedno s najvišim vrijednostima STI ili kao oni s najnižim vrijednostima prinosa zrna i GPC-a, zajedno s najnižim vrijednostima STI. Zbog toga se mogu smatrati visokoprinosnim ili niskoprinosnim genotipovima pri obje razine dušika. Khan i sur. (2016.) te Zhao i sur. (2019.) također su koristili 3D dijagrame u kombinaciji s prinosom zrna u oba uvjeta i STI indeksom za procjenu tolerantnih genotipova.

Klasifikaciju genotipova prema njihovoj uspješnosti u uvjetima stresa i bez stresa opisao je Fernandez (1992.). Genotipovi koji pokazuju ujednačenu i visoku uspješnost i u stresnim i u

nestresnim uvjetima svrstavaju se u skupinu A; genotipovi koji pokazuju visoku uspješnost samo u uvjetima s optimalnom količinom dušika, ali ne i u stresnim uvjetima, pripadaju skupini B. Genotipovi koji ostvaruju bolje rezultate u stresnim nego u nestresnim uvjetima čine skupinu C, dok genotipovi čija je uspješnost u prinosu zrna i parametrima kvalitete niska i u stresnim i u optimalnim uvjetima pripadaju skupini D. Na temelju 3D dijagrama za prinos zrna i indeksa stresa te za GPC i indeksa stresa pokazalo se da niti jedan od ispitivanih genotipova ne pripada grupi B ili C.

Za identifikaciju superiornih genotipova i prikladnih indeksa stresa za selekciju genotipova tolerantnih na smanjenu dostupnost dušikom, korišten je GGE biplot koji grafički analizira strukturu podataka u obliku glavnih komponenti. U ovoj analizi korištene su prve dvije komponente. Prva (PC1) i druga komponenta (PC2) objašnjavaju 99.9 % ukupne varijance za 48 genotipova za prinos zrna pri oba N-tretmana i 9 indeksa stresa (Slika 5.) te GPC pri oba N-tretmana i 9 indeksa stresa (Slika 6). U istraživanjima koja su proučavala učinak stresa na agronomska svojstva (Farshadfar i sur. 2013, Lestari i sur. 2019.) uočen je veliki doprinos prve i druge komponente ukupnoj varijanci koji je bio veći od 98 %. U istim istraživanjima utvrđeno je kako prinos u stresnim i nestresnim uvjetima te indeksi MP, GMP, HM, STI snažno pozitivno koreliraju s PC1 dok indeksi SSI, TOL i RSI koreliraju s PC2 što je potvrđeno i u ovom istraživanju. Visok kumulativni doprinos prve dvije komponente očekivan je s obzirom na to da su analizirani indeksi matematički izvedeni iz istih varijabli prinosa, što rezultira visokom razinom međusobne korelacije.

Kao što je već prethodno navedeno u ovom istraživanju analiziran je odgovor 48 genotipova ozime pšenice na uvjete visoke (HN) i niske (LN) razine dušika primjenom ili izostavljanjem gnojidbe dušikom. Genotipovi Sofru i BC Opsesija identificirani su kao najproduktivniji za prinos zrna u uvjetima niske opskrbljenosti dušikom na temelju pet indeksa stresa (MP, GMP, HM, STI i YI). Za iste indekse, ali za sadržaj proteina u zrnu (GPC), genotipovi U1, OS-Olimpija odabrani su kao najproduktivniji u uvjetima niske opskrbljenosti dušikom. Uz razmatranje triju dodatnih indeksa (TOL, YSI i RSI), genotipovi Flamura 85 i Mihelca označeni su kao genotipovi najmanje osjetljivi na smanjenje opskrbljenosti dušikom dok su Katarina i Ficko označeni su kao najosjetljiviji na LN u slučaju prinosa zrna. Genotipovi Isengrain, Tosunbey, Vulkan i BC Darija identificirani kao tolerantni u slučaju GPC-a, a najosjetljiviji genotipovi su Golubica i U1. Rezultati pokazuju da se indeksi MP, GMP, HM, STI i YI mogu koristiti za identifikaciju genotipova koji ostvaruju visoke prinose i visokokvalitetno zrno u uvjetima s dovoljnom i nedovoljnom količinom dušika. Indeksi TOL, YSI i RSI pokazali su

slabu ili nikakvu korelaciju s učinkom prinosa i GPC-a pod stresnim i optimalnim uvjetima. Procjena genotipova na temelju indeksa za stres može biti korisna oplemenjivačima pšenice jer omogućuje praćenje učinkovitosti genotipova u stresnim uvjetima. Također, tolerantni genotipovi mogu se koristiti za razvoj novih visokoprinosnih genotipova pogodnih za stresne uvjete.

4.4. Nedostaci korištenja indeksa stresa

Iako se indeksi za stres koriste kao alat za identifikaciju genotipova u istraživanjima, potrebno je istaknuti neke potencijalne nedostatke u njihovom korištenju. Svi indeksi stresa računaju se putem mjenog agronomskog svojstva (prinos zrna ili sadržaj proteina) u stresnim i nestresnim uvjetima. Pošto su mjerena svojstva jednaka za indekse stresa postoji matematička povezanost koja rezultira visokim korelacijama među indeksima, ali nam pomažu pri preliminarnoj identifikaciji potencijalno korisnih indeksa stresa. Praktična vrijednost korištenja indeksa stresa je u tome da mogu optimalno rangirati genotipove za daljnju selekciju.

Idealni indeksi za selekciju otpornosti na stres trebali bi jasno razlikovati genotipove po skupinama koje je uveo Fernandez (1992.). Fernandez (1992.) je također istaknuo da indeksi SSI i TOL ne mogu razlikovati skupine A i C, dok MP ne može razlikovati skupine A i B. GMP ima isti nedostatak kao i MP, ali je bolji i precizniji u razlikovanju skupina A i B nego MP. Kako je opisano u istraživanju Thiry i suradnika (2016.), SSI i TOL mogu razlikovati stresno otporne i stresno osjetljive genotipove, dok se GMP, HM i MP oslanjaju na visoku uspješnost, te su stoga ovih pet indeksa podijeljeni u dvije skupine: PCI (indeksi proizvodnog kapaciteta – STI, GMP, MP) i RCI (indeksi kapaciteta otpornosti – SSI, TOL). SSI i TOL klasificiraju genotipove isključivo na temelju smanjenja prinosa u stresnim uvjetima (Fisher i sur., 1979.). Korištenje isključivo ova dva indeksa u selekciji može dovesti do isticanja genotipova koji imaju nisku produktivnost u optimalnim uvjetima, a visoku u stresnim uvjetima čime se umanjuje značaj visokoprinosnih genotipova u optimalnim i stresnim uvjetima (Kadhem, 2017.). Zhao i suradnici (2019.) ističu da je selekcija genotipova temeljena isključivo na GMP i MP djelomična i može dovesti do pogrešaka, jer ti indeksi prikazuju srednju uspješnost prinosa zrna pri različitim razinama dušika. Kombinirana uporaba STI s GMP i MP poboljšava selekciju genotipova. Stoga je za učinkovitije korištenje indeksa u selekciji tolerantnih genotipova na dušični stres potrebno kombinirati rezultate više indeksa i testirati odziv genotipova u različitim okolinama i različitim razinama gnojidbe. Nadalje, kako bi umanjili nedostatke korištenja indeksa u evaluaciji stresa potrebno ih je koristiti kao jedan od alata u

istraživanjima koja osim mjerenja utjecaja dušičnog stresa na prinos uključuju i praćenje učinkovitosti korištenja dušika.

4.5. Izazovi i budući pravci istraživanja

Istraživanja NUE kod pšenice u posljednjem desetljeću znatno su unaprijedila naše razumijevanje genetskih, fizioloških i okolišnih čimbenika koji kontroliraju ovo složeno svojstvo. Identifikacija genetskih čimbenika (Qtl-ovi i geni kandidati) povezanih s napretkom u novim tehnologijama fenotipizacije i metodama oplemenjivanja pružaju čvrstu osnovu za razvoj novih poboljšanih sorti pšenice.

Razumijevanje NUE zahtijeva integraciju informacija iz područja genomike, transkriptomike, proteomike i metabolomike. Pristup temeljen na sistemskoj biologiji može identificirati ključne regulatorne mreže i metaboličke puteve uključene u kontrolu učinkovitosti iskorištenja dušika. Ove spoznaje mogu usmjeriti ciljane oplemenjivačke strategije i identificirati nova svojstva za oplemenjivanje (Xu i sur. 2012.). Nadalje, analiza mreže i modeliranje fizioloških puteva mogu otkriti interakcije u metabolizmu dušika i drugih fizioloških procesa rezultirajući više naglašenom holističkom pristupu u oplemenjivanju bilja, uz istovremenu integraciju s fenotipskim informacijama.

Bolje razumijevanje genetske osnove NUE uz primjenu novih tehnologija kao što je CRISPR-Cas9 omogućava preciznu modifikaciju ključnih gena uključenih u metabolizam dušika. Tzv. „speed breeding“ tehnika može ubrzati razvoj generacija u oplemenjivanju, skraćujući vrijeme za razvoj novog genotipa. Različite fenotipizacijske platforme koje integriraju tehnologije s višestrukim sensorima, kontrolom okolinskih sustava i automatiziranom analizom već povećavaju preciznost i produktivnost u istraživanjima NUE. Kombinacija gore navedenih tehnologija s naprednim statističkim metodama i metodama strojnog učenja nude mogućnost značajnog unapređenja pristupa u oplemenjivanju za kompleksna svojstva poput NUE.

Međutim, prijenos ovih spoznaja i znanja u praktično oplemenjivanje ostaje izazov, poglavito zbog kvantitativne prirode NUE, značajnog prisustva interakcije $G \times N$ te pozitivnih i negativnih kompenzatornih učinaka s ostalim važnim svojstvima. Budući prioriteti u istraživanju NUE bi se trebali usmjeriti na razvoj objedinjavajućih pristupa koji uključuju genomsku selekciju, preciznu fenotipizaciju i multi-lokacijska testiranja kako bi se ubrzala genetska dobit za NUE uz istovremeno održavanje razine prinosa i standarda mlinsko-pekarske kakvoće pšenice.

Krajnji uspjeh u poboljšanju NUE ovisit će o razvoju genotipa koji posjeduju visok genetski potencijal za urod u uvjetima reducirane opskrbe dušikom uz istovremenu adaptabilnost na različite klimatske promjene, agro-ekološke uvjete i tehnologiju same proizvodnje. Postizanje ovog cilja zahtijeva kontinuirano ulaganje u temeljna istraživanja, razvoj novih tehnologija i kolaborativnih oplemenjivačkih programa u koje se učinkovito mogu prenijeti nove znanstvene spoznaje u praktična rješenja u održivoj proizvodnji pšenice.

5. ZAKLJUČCI

1. Povećanje razine gnojidbe dušikom dovelo je do povećanja prinosa i sadržaja proteina u zrnu kao i do povećanja ukupne količine biljci pristupačnog dušika. Gnojidba je uzrokovala smanjenje učinkovitosti korištenja dušika za zrno (NUE) i za učinkovitost iskorištenja dušika za zrno (NUtE) i nije značajno utjecala na učinkovitosti usvajanja dušika iz tla, ali je dovela do smanjenja učinkovitosti korištenja dušika za protein u zrnu, a povećala učinkovitost iskorištenja dušika za proteine u zrnu. Genotip Sofru istaknuo se s najvišim vrijednostima prinosa zrna pri oba N-tretmana, a nasuprot tome genotip U1 je za ista svojstva imao najniže vrijednosti. Isti trend utvrđen je i za učinkovitosti korištenja dušika (NUE).
2. Analizirajući utjecaj izvora variranja na agronomska svojstva utvrđeno je da je na prinos najveći utjecaj imala okolina, dok je na sadržaj proteina u zrnu najviše utjecao genotip i okolina. Također genotip je najviše utjecao i na učinkovitost korištenja dušika (NUE) za prinos. Nadalje, kod heritabilnosti su utvrđene visoke heritabilnosti za prinos i učinkovitost korištenja (NUE) i iskorištenja dušika (NUtE). Nešto niže vrijednosti heritabilnosti su utvrđene kod učinkovitosti usvajanja dušika.
3. Korelacijskom analizom utvrđeno je da je učinkovitost korištenja dušika (NUE) u jakoj i značajnoj pozitivnoj korelaciji s učinkovitošću iskorištenja (NUtE) i učinkovitošću usvajanja dušika (NUpE) pri niskoj opskrbljenošću dušikom. Pri stanju optimalne opskrbljenosti dušikom jačina korelacija učinkovitosti korištenja dušika (NUE) s komponentama (NUpE i NUtE) bila je nešto niža.
4. Analizom indeksa stresa za prinos u uvjetima visoke i niske opskrbljenosti dušikom utvrđena je vrlo jaka i pozitivna korelacija prinosa s indeksima stresa MP, GMP, HM, STI i YI. Isti indeksi su pokazali vrlo jaku i pozitivnu korelaciju i sa sadržajem proteina u zrnu pri obje razine opskrbljenosti dušikom. Kao najtolerantniji genotipovi s obzirom na navedena svojstva pokazali su se Flamura 85 (prinos zrna) i Isengrain (sadržaj proteina u zrnu). Genotip koji je pokazao najmanju osjetljivost na razliku u uvjetima visoke i niske opskrbljenosti dušikom s obzirom na prinos bio je Flamura 85, a na sadržaj proteina u zrnu Isengrain.

6. LITERATURA

1. Annicchiarico P., (2002.) Genotype X environment interactions. Challenges and opportunities for plant breeding and cultivar recommendations, FAO, Rome
2. Annicchiarico, P., Chiapparino, E., and Perenzin, M. (2010). Response of common wheat varieties to organic and conventional production systems across Italian locations, and implications for selection. *Field Crops Res.* 116, 230-238.
3. Araus, J. L., & Cairns, J. E. (2014). Field high-throughput phenotyping: the new crop breeding frontier. *Trends in plant science*, 19(1), 52-61.
4. Barraclough, P.B., Howarth, J.R., Jones, J., Lopez-Bellido, R., Parmar, S., Shepherd, C.E., i sur. (2010). Nitrogen efficiency of wheat: genotypic and environmental variation and prospects for improvement. *Eur. J. Agron.* 33, 1–11.
5. Bidinger, F. R., V. Mahalakshmi, and G. D. Rao. 1987. Assessment of drought resistance in pearl millet (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke). II. Estimation of genotype response to stress. *Australian Journal of Agricultural Research* 38: 49– 59.
6. Blanco, A.; Mangini, G.; Giancaspro, A.; Give, S.; Colasuonno, P.; Simeone, R.; Signorile, A.; De Vita, P.; Mastrangelo, A.M.; Cattivelli, L.; i sur.. Relationships between grain protein content and grain yield components through quantitative trait locus analyses in a recombinant inbred line population derived from two elite durum wheat cultivars. *Mol. Breed.* 2012, 30, 79–92.
7. Bouslama, M., and W. T. Schapaugh. 1984. Stress tolerance in soybean. Part 1: Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. *Crop Science* 24: 933–937.
8. Brancourt-Hulmel, M., Heumez, E., Pluchard, P., Beghin, D., Depatureaux, C., Giraud, A., i sur. (2005). Indirect versus direct selection of winter wheat for low-input or high-input levels. *Crop Sci.* 45, 1427–1431.
9. Brancourt-Hulmel, M., Heumez, E., Pluchard, P., Beghin, D., Depatureaux, C., Giraud, A., i sur. (2005). Indirect versus direct selection of winter wheat for low-input or high-input levels. *Crop Sci.* 45, 1427–1431.

10. Brasier, K., Oakes, J., Balota, M., Reiter, M., Jones, N., Pitman, R., i sur.. (2020). Genotypic variation and stability for nitrogen use efficiency in winter wheat. *Crop Sci.* 60, 32–49. doi: 10.1002/csc2.20006
11. Ceccarelli S. (1996). Adaptation to low/high input cultivation. *Euphytica.* 92, 203–214.
12. Chalker-Scott, L. (1999). Environmental significance of anthocyanins in plant stress responses. *Photochem Photobiol.* 70, 1–9.
13. Ciampitti, I.A., and T.J. Vyn. (2012). Physiological perspectives of changes over time in maize yield dependency on nitrogen uptake and associated nitrogen efficiencies: A review. *Field Crops Res.* 133:48–67. doi:10.1016/j.fcr.2012.03.008
14. Clarke, J.M.; DePauw, R.M.; Townley-Smith, T.F. Evaluation of methods for quantification of drought tolerance in wheat. *Crop Sci.* 1992, 32, 723–728.
15. Conley, D.J.; Paerl, H.W.; Howarth, R.W. (2009) Controlling eutrophication: Nitrogen and phosphorus. *Science*, 323, 1014–1015.
16. Cormier, F., Faure, S., Dubreuil, P., Heumez, E., Beauchêne, K., Lafarge, S., i sur. (2013). A multi-environmental study of recent breeding progress on nitrogen use efficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theor. Appl. Genet.* 126, 3035–3048.
17. Cormier, F., Foulkes, J., Hirel, B., Gouache, D., Moëgne-Loccoz, Y., and Le Gouis, J. (2016). Breeding for increased nitrogen-use efficiency: a review for wheat (*T. aestivum* L.). *Plant Breeding.* 135, 255-278.
18. Cormier, F., Le Gouis, J., Dubreuil, P., Lafarge, S., and Praud, S. (2014). A genome-wide identification of chromosomal regions determining nitrogen use efficiency components in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theor. Appl. Genet.* 127, 2679–2693.
19. Crawford, N.M., and Forde, B.G. (2002). „Molecular and developmental biology of inorganic nitrogen nutrition“, in *The Arabidopsis book*, ed. E.M. Meyerowitz (Rockville, MD: American Society of Plant Biologists).
20. Cullis, B. R., Smith, A. B., and Coombes, N. E. (2006). On the design of early generation variety trials with correlated data. *J. Agric. Biol. Environ. Sci.* 11, 381–393. doi: 10.1198/108571106X154443

21. De Oliveira Silva, A., Slafer, G. A., Fritz, A. K., and Lollato, R. P. (2020). Physiological basis of genotypic response to management in dryland wheat. *Front. Plant Sci.* 10:1644. doi: 10.3389/fpls.2019.01644
22. Dehghani, G.H.; Malekshhi, F.; Alizadeh, B. A study of drought tolerance indices in canola (*Brassica napus* L.) genotypes. *J. Sci. & Tech. Agric. & Natural Resources.* 2009, 13(48), 77-90
23. Dhugga, K.S., and Waines, J.G. (1989). Analysis of Nitrogen Accumulation and Use in Bread and Durum Wheat. *Crop Sci.* 29, 1232-1239. doi: 10.2135/cropsci1989.0011183X002900050029x.
24. Diaz, U., Saliba-Colombani, V., Loudet, O., Belluomo, P., Moreau, L., Daniel-Vedele, F., i sur. (2006). Leaf yellowing and anthocyanin accumulation are two genetically independent strategies in response to nitrogen limitation in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Cell Physiol.* 47, 74–83.
25. Digitalna karta Republike Hrvatske: (https://www.pedologija.com.hr/iBaza/DPK-Hr_2021/index.html#2)
26. Ding, L., Wang, K.J., Jing, G.M., Biswas, D.K., Xu, H., Li, L.F., i sur. (2005). Effects of nitrogen deficiency on photosynthetic traits of maize hybrids released in different years. *Ann. Bot. (Lond).* 96, 925–930.
27. Dixon, J., Braun, H.J., Kosina, P., and Crouch, J. (2009). *Wheat facts and futures 2009*. Mexico, D.F.: CIMMYT.
28. Ehdaie, B., & Shakiba, M. R. (1996). Relationship of internode-specific weight and water-soluble carbohydrates in wheat. *Cereal Research Communication*, 24, 61-67.
29. Fageria NK, Baligar VC (2005) Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. *Adv Agron* 88:97–185
30. Evans, J.D. (1996.): *Straightforward statistics for the behavioral sciences*. Pacific Grove. CA: Brooks/Cole Publishing.
31. Falconer, D. S., and Mackay, T. F. C. (1996). *Introduction to Quantitative Genetics*, 4th Edn. Harlow: Addison Wesley Longman.
32. FAOSTAT 2019. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>

33. Farshadfar, E.; Mohammadi, R.; Farshadfar, M.; Dabiri, S. Relationships and repeatability of drought tolerance indices in wheat rye disomic addition lines. *Aust. J. Crop Sci.* 2013, 7, 130–138.
34. Fernandez, G.C.J. Effective selection criteria for assessing stress tolerance. In *Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress, Taiwan, 13–18 August 1992*.
35. Fischer, R. A., and T. Wood. 1979. Drought resistance in spring wheat cultivars III. Yield association with morphological traits. *Australian Journal of Agricultural Research* 30: 1001–1020.
36. Fischer, R.A.; Maurer, R. Drought resistance in spring wheat cultivars I. Grain yield responses. *Aust. J. Agric. Res.* 1978, 29, 897–912.
37. Fixen, P., Brentrup, F., Bruulsema, T., Garcia, F., Norton, R., and Zingore, S. (2015). “Nutrient/fertilizer use efficiency: measurement, current situation and trends,” in *Managing Water and Fertilizer for Sustainable Agricultural Intensification*, eds P. Drechsel, P. Heffer, H. Magen, R. Mikkelsen, and D. Wichelns (Paris: IFA), 8–38.
38. Foulkes, M., Hawkesford, M., Barraclough, P., Holdsworth, M., Kerr, S., Kightley, S., i sur.. (2009). Identifying traits to improve the nitrogen economy of wheat: Recent advances and future prospects. *Field Crops Res.* 114, 329–342. doi: 10.1016/j.fcr.2009.09.005
39. Fowler, D., Coyle, M., Skiba, U., Sutton, M. A., Cape, J. N., Reis, S. (2013). The global nitrogen cycle in the twenty-first century. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 368 (1621), 20130164. <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0164>
40. Gaju, O., Allard, V., Martre, P., LeGouis, J., Moreau, D., Bogard, M., i sur. (2014). Nitrogen partitioning and remobilization in relation to leaf senescence, grain yield and grain nitrogen concentration in wheat cultivars. *Field Crops Res.* 155, 213-223.
41. Gaju, O., Allard, V., Martre, P., Snape, J. W., Heumez, E., Le Gouis, J., i sur. (2011). Identification of traits to improve the nitrogen-use efficiency of wheat genotypes. *Field Crops Research*, 123(2), 139-152. doi:10.1016/j.fcr.2011.05.010

42. Garnett, T., Conn, V., & Kaiser, B. N. (2009). Root based approaches to improving nitrogen use efficiency in plants. *Plant, cell & environment*, 32(9), 1272–1283. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2009.02011.x>
43. Gastal F, Lemaire G (2002) N uptake and distribution in crops: an agronomical and ecophysiological perspective. *J Exp Bot* 53:789–799
44. Gavuzzi, P.; Rizza, F.; Palumbo, M.; Campalino, R.G.; Ricciardi, G.L.; Borghi, B. Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. *Can. J. Plant Sci.* 1997, 77, 523–553.
45. Good, A.G., Shrawat, A.K., and Muench, D.G. (2004). Can less yield more? Is reducing nutrient input into the environment compatible with maintaining crop production? *Trends Plant Sci.* 9, 597–605.
46. Górný AG, Banaszak Z, Ługowska B, Ratajczak D (2011) Inheritance of the efficiency of nitrogen uptake and utilization in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) under diverse nutrition levels. *Euphytica*, 177:191–206. <https://doi.org/10.1007/s10681-010-0230-z>
47. Goulding, K. (2004). „Pathways and losses of fertilizer nitrogen at different scales“, in *Agriculture and the Nitrogen cycle. Assessing the impacts of fertilizer use on food production and the environment*, ed. A.R. Mosier, Syersand, J.K., Freney, J.R. (Washington: Island Press), 209–218.
48. Guarda, A., Rosell, C. M., Benedito, C., and Galotto, M. J. (2004). Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. *Food Hydrocolloids*. 18, 241–247.
49. Guttieri, M.J., Frels, K., Regassa, T., Waters, B.M., and Baenziger, P.S. (2017). Variation for nitrogen use efficiency traits in current and historical great plains hard winter wheat. *Euphytica*. 213:87. doi: 10.1007/s10681-017-1869-5
50. Habash, D. Z., Bernard, S., Schondelmaier, J., Weyen, J., Quarrie, S. A. (2007). The genetics of nitrogen use in hexaploid wheat: N utilisation, development and yield. *Theoretical and applied genetics*, 114(3), 403–419. <https://doi.org/10.1007/s00122-006-0429-5>
51. Han, M., Okamoto, M., Beatty, P. H., Rothstein, S. J., and Good, A. G. (2015). The genetics of nitrogen use efficiency in crop plants. *Ann. Rev. Genet.* 49, 269–289. doi: 10.1146/annurev-genet-112414-055037

52. Hawkesford, M. J., & Griffiths, S. (2019). Exploiting genetic variation in nitrogen use efficiency for cereal crop improvement. *Current opinion in plant biology*, 49, 35–42. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2019.05.003>
53. He, X., Qu, B., Li, W., Zhao, X., Teng, W., Ma, W., i sur.. (2015). The nitrate inducible NAC transcription factor TaNAC2-5A controls nitrate response and increases wheat yield. *Plant Physiol.* 169, 1991–2005.
54. Hirel, B., Le Gouis, J., Ney, B., & Gallais, A. (2007). The challenge of improving nitrogen use efficiency in crop plants: towards a more central role for genetic variability and quantitative genetics within integrated approaches. *Journal of experimental botany*, 58(9), 2369–2387. <https://doi.org/10.1093/jxb/erm097>
55. Hitz K., Clark A.J., and Van Sanford D.A. (2016). Identifying nitrogen-use efficient soft red winter wheat lines in high and low nitrogen environments. *Field Crops Research*. 200, 1-9. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.10.001>
56. Jafari, A.; Paknejad, F.; Alahmadi, M.J. Evaluation of selection indices for drought tolerance of corn (*Zea mays* L.) hybrids. *Int. J. Plant Prod.* 2009, 3, 33–38.
57. Kadhem, M. (2017). Screening drought tolerance in bread wheat genotypes (*triticum aestivum* l.) using drought indices and multivariate analysis. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences*, 48(Special). <https://doi.org/10.36103/ijas.v48ispecial.244>
58. Kant, S., Bi, Y.M., and Rothstein, S.J. (2011). Understanding plant response to nitrogen limitation for the improvement of crop nitrogen use efficiency. *J. Exp. Bot.* 62, 1499–1509. doi: 10.1093/jxb/erq297.
59. Khan, A.A.; Kabir, M.R. 2014 Evaluation of spring wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.) for heat stress tolerance using different stress tolerance indices. *Cercet. Agron. Mold.*, 47, 49–63.
60. Khan, F. U.; Mohammad, F. Application of stress selection indices for assessment of nitrogen tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.) *J. Anim. Plant Sci*, 2016, 26(1) 201-210
61. Kichey, T., Hirel, B., Heumez, E., Dubois, F., and Le Gouis, J. (2007). Wheat genetic variability for post-anthesis nitrogen absorption and remobilisation revealed by ¹⁵N labelling and correlations with agronomic traits and nitrogen physiological markers. *Field Crops Research*. 102, 22-32.

62. Kjeldahl, J. (1883). A New Method for the Determination of Nitrogen in Organic Matter. *Zeitschrift für Analytische Chemie*. 22, 366-382.
63. Krom, M. D. (1980). Spectrophotometric determination of ammonia: a study of a modified Berthelot reaction using salicylate and dichloroisocyanurate. *Analyst* 105, 305–316. doi: 10.1039/AN9800500305
64. Kubota, H., Iqbal, M., Dyck, M., Quideau, S., Yang, R. C., and Spanner, D. (2018). Investigating genetic progress and variation for nitrogen use efficiency in spring wheat. *Crop Sci*. 58, 1542–1557. doi: 10.2135/cropsci2017.10.0598
65. Ladha, J.K., Pathak, H., Krupnik, T.J., Six, J., van Kessel, C. (2005) Efficiency of Fertilizer Nitrogen in Cereal Production: Retrospects and Prospects, *Advances in Agronomy*, 87:85-156
66. Laperche, A., Devienne, B.F., Maury, O., Le, G.J., and Ney, B. (2006). A simplified conceptual model of carbon/nitrogen functioning for QTL analysis of winter wheat adaptation to nitrogen deficiency. *Theor. Appl. Genet.* 113, 1131–1146. doi: 10.1007/s00122-006-0373-4.
67. Lawlor D. W. (2002). Carbon and nitrogen assimilation in relation to yield: mechanisms are the key to understanding production systems. *Journal of experimental botany*, 53(370), 773–787.
68. Le Gouis, J., Béghin, D., Heumez, E., and Pluchard, P. (2000). Genetic differences for nitrogen uptake and nitrogen utilization efficiencies in winter wheat. *European Journal of Agronomy*. 12, 163-173.
69. Lestari, A.P.; Sopandie, D.; Aswidinnoor, H. Estimation for stress tolerance indices of rice genotypes in low nitrogen conditions. *Thai J. Agric. Sci.* 2019, 52, 180–190.
70. Liao, H., Yan, X. L., Rubio, G., Beebe, S. E., and Blair, M. W. (2004). Genetic mapping of basal root gravitropism and phosphorus acquisition efficiency in common bean. *Func. Plant Bio.* 31, 959–970.
71. Lyra, D.H.; de Freitas Mendonça, L.; Galli, G.; Alves, F.C.; Granato, Í.S.C.; Fritsche-Neto, R. Multi-trait genomic prediction for nitrogen response indices in tropical maize hybrids. *Mol. Breed.* 2017, 37, 80.

72. Martre, P., Jamieson, P.D., Semenov, M.A., Zyskowski, R.F., Porter J.R., Triboi E., (2006) Modelling protein content and composition in relation to crop nitrogen dynamics for wheat, *European Journal of Agronomy*, 25(2), 138-154, <https://doi.org/10.1016/j.eja.2006.04.007>.
73. Masclaux-Daubresse, C., Daniel-Vedele, F., Dechorgnat, J., Chardon, F., Gaufichon, L., & Suzuki, A. (2010). Nitrogen uptake, assimilation and remobilization in plants: challenges for sustainable agriculture. *Journal of Experimental Botany*, 61(1), 7-24. doi:10.1093/jxb/erp331
74. Masclaux-Daubresse, C., Reisdorf-Cren, M., and Orsel, M. (2008). Leaf nitrogen remobilization for plant development and grain filling. *Plant Biol.* 1, 23-36. doi: 10.1111/j.1438-8677.2008.00097.x.
75. Mohammadi M, Karimizadeh R, Abdipour M.. Evaluation of drought tolerance in bread wheat genotypes under dryland and supplemental irrigation conditions. *Australian Journal of Crop Science*, 2011, 5, 487–493.
76. Mohammadi, R. (2016) Efficiency of yield-based drought tolerance indices to identify tolerant genotypes in durum wheat. *Euphytica* 211, 71–89.
77. Moll, R.H., Kamprath, E.J., and Jackson, W.A. (1982). Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. *Agronomy Journal*. 74, 562–564.
78. Mortimer, D., Elsayed, M., and Horne, R. (2004). Energy and greenhouse gas emissions for bioethanol production from wheat grain and sugar beet. *British Sugar. Report No. 23/1*
79. Murchie, E.H., Pinto, M., and Horton, P. (2008). Agriculture and the new challenges for photosynthesis research. *New Phytologist*. 181, 532–552. doi: 10.1111/j.1469-8137.2008.02705.x.
80. Nunes-Nesi, A., Fernie, A. R., Stitt, M. (2010) Metabolic and signaling aspects underpinning the regulation of plant carbon nitrogen interactions *Molecular Plant*. 6, 973-996. DOI: 10.1093/mp/ssq049
81. O'Brien, J. A., Vega, A., Bouguyon, E., Krouk, G., Gojon, A., Coruzzi, G., & Gutiérrez, R. A. (2016). Nitrate Transport, Sensing, and Responses in Plants. *Molecular plant*, 9(6), 837–856. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2016.05.004>

82. Ono, K., Terashima, I., and Watanabe, A. (1996). Interaction between nitrogen deficit of a plant and nitrogen content in the old leaves. *Plant Cell Physiol.* 37, 1083–1089.
83. Ortiz-Monasterio, J.I., Sayre, K.D., Rajaram, S., and McMahon, M. (1997). Genetic progress in wheat yield and nitrogen use efficiency under four nitrogen regimes. *Crop Sci.* 37, 898–904.
84. Peoples, M.B., Herridge, D.F., and Ladha, J.K. (1995). Biological nitrogen fixation: an efficient source of nitrogen for sustainable agricultural production. *Plant Soil.* 174, 3–28.
85. Pingali, P.L. (2012). Green Revolution: Impacts, limits, and the path ahead. *Proceedings of the National Academy of Sciences.* 109, 12302-12308. doi: 10.1073/pnas.0912953109.
86. Przystalski, M., Osman, A., Thiemt, E.M., Rolland, B., Ericson, L., Ostergard, H., i sur. (2008). Comparing the performance of cereal varieties in organic and non-organic cropping systems in different European countries. *Euphytica.* 163, 417–433. doi: 10.1007/s10681-008-9715-4.
87. Pour-Aboughadareh, A., M. Yousefian, H. Moradkhani, M. Moghaddam Vahed, P. Poczai, and K. H. M. Siddique. 2019. iPASTIC: An online toolkit to estimate plant abiotic stress indices. *Applications in Plant Sciences* 7(7): e11278.
88. R Development Core Team (2013). *R: A Language and Environment for Statistical Computing.* Vienna: R Foundation for Statistical Computing.
89. Raun, W. R., & Johnson, G. V. (1999). Improving nitrogen use efficiency for cereal production. *Agronomy Journal*, 91(3), 357-363.
90. Raun, W. R., Solie, J. B., Johnson, G. V., Stome, M. L., Millen, R. W., Freeman, K. W., i sur.. (2002). Improving nitrogen-use efficiency in cereal grain production with optical sensing and variable rate application. *Agron. J.* 94, 815–820. doi: 10.2134/agronj2002.0815
91. Reynolds, M. P., Van Ginkel, M., and Ribaut, J. (2000). Avenues for genetic modification of radiation use efficiency in wheat. *J. Exp. Bot.* 51, 459–473. doi: 10.1093/jexbot/51.suppl_1.459

92. Reynolds, M., Foulkes, J., Furbank, R., Griffiths, S., King, J., Murchie, E., i sur.. (2012). Achieving yield gains in wheat. *Plant Cell Environ.* 35, 1799–1823. doi: 10.1111/j.1365-3040.2012.02588.x
93. Reynolds, M., Foulkes, J., Furbank, R., Griffiths, S., King, J., Murchie, E., i sur. (2012). Achieving yield gains in wheat. *Plant, Cell and Environment.* 35, 1799–1823. doi: 10.1111/j.1365-3040.2012.02588.x
94. Rosegrant, M. W., and Agcaoili, M. (2010). Global food demand, supply, and price prospects to 2010. International Food Policy Research Institute, Washington, D.C. USA.
95. Rosielle, A.A.; Hamblin, J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. *Crop Sci.* 1981, 21, 943–946.
96. Sadras, V. O., and Lemaire, G. (2014). Quantifying crop nitrogen status for comparison of agronomic practices and genotypes. *Field Crops Res.* 164, 54–64. doi: 10.1016/j.fcr.2014.05.006
97. Sandhu N, Sethi M, Kumar A, Dang D, Singh J and Chhuneja P (2021) Biochemical and Genetic Approaches Improving Nitrogen Use Efficiency in Cereal Crops: A Review. *Front. Plant Sci.* 12:657629. doi: 10.3389/fpls.2021.657629
98. Sareen, S.; Tyagi, B.S.; Sharma I. Response estimation of wheat synthetic lines to terminal heat stress using stress indices. *Journal of Agricultural Science* 2012, 4,
99. Schils, R., Olesen, J. E., Kersebaum, K. C., Rijk, B., Oberforster, M., Kalyada, V., i sur.. (2018). Cereal yield gaps across Europe. *Eur. J. Agron.* 101, 109–120. doi: 10.1016/j.eja.2018.09.003
100. Singh, G.; Singh, M.K.; Tyagi, B.S.; Singh, J.B.; Kumar, P. Germplasm characterization and selection indices in bread wheat for waterlogged soils in India. *Indian J. Agric. Sci.* 2017, 87, 1139–1148.
101. Sio-Se Mardeh, A.; Rafeie, H.; Poustini, K.; Mohammadi, V. 2006 Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. *Field Crop. Res.*, 98, 222–229.

102. Swarbreck, S., Wang, M., Wang, Y., Kindred, D., Sylvester-Bradley, R., Shi, W., i sur.. (2019). A roadmap for lowering crop nitrogen requirement. *Trends Plant Sci.* 24, 892–904. doi: 10.1016/j.tplants.2019.06.006
103. Sylvester-Bradley, R., and Kindred, D. R. (2009). Analysing nitrogen responses of cereals to prioritize routes to the improvement of nitrogen use efficiency. *J. Exp. Bot.* 60, 1939–1951. doi: 10.1093/jxb/erp116
104. Sylvester-Bradley, R., Kindred, D., Berry, P. M., Storer, K., Kendall, S., and Welham, S. (2015). Development of Appropriate Testing Methodology for Assessing Nitrogen Requirements of Wheat and Oilseed Rape Varieties. Final Report to Defra Project IF01110. London: HMSO.
105. Šarčević, H., Jukić, K., Ikić, I., and Lovrić, A. (2014). Estimation of quantitative genetic parameters for grain yield and quality in winter wheat under high and low nitrogen fertilization. *Euphytica.* 199, 57-67. doi: 10.1007/s10681-014-1154-9.
106. Tadesse, W., Sanchez-Garcia, M., Assefa, S.G., Amri, A., Bishaw, Z., Ogonnaya, F.C., Baum M. (2019). Genetic Gains in Wheat Breeding and Its Role in Feeding the World. *Crop Breed. Genet. Genom.* 1:e190005. <https://doi.org/10.20900/cbgg20190005>
107. Thiry, A.A.; Chavez-Dulanto, P.N.; Reynolds, M.P.; Davies, W.J. How can we improve crop genotypes to increase stress resilience and productivity in a future climate? A new crop screening method based on productivity and resistance to abiotic stress. *J. Exp. Bot.* 2016, 67, 5593–5603, doi:10.1093/jxb/erw330
108. Thorup-Kristensen, K., Salmerón Cortasa, M. & Loges, R. (2009) Winter wheat roots grow twice as deep as spring wheat roots, is this important for N uptake and N leaching losses?. *Plant Soil* 322, 101–114 <https://doi.org/10.1007/s11104-009-9898-z>
109. Uzik, M., Zofajova, A., and Bolvanski, M. (2012). Relative nitrogen translocation and accumulation in grain of winter wheat cultivars. *Cereal Res. Commun.* 40, 285–295. doi: 10.1556/CRC.40.2012.2.13
110. Van Sanford, D.A., and Mackown, C.T. (1986). Variation in nitrogen use efficiency among soft red winter wheat genotypes. *Theor. Appl. Genet.* 72, 158-63. doi: 10.1007/BF00266987.

111. Voss-Fels, K. P., Stahl, A., Wittkop, B., Lichthardt, C., Nagler, S., Rose, T., i sur.. (2019). Breeding improves wheat productivity under contrasting agrochemical input levels. *Nat. Plants* 5, 706–714. doi: 10.1038/s41477-019-0445-5
112. Vukadinović, V., Lončarić, Z. (1999.): *Ishrana bilja*. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta u Osijeku, Osijek.
113. Wang, M., Shen, Q., Xu, G., Guo, S., (2014): New Insight into the Strategy for Nitrogen Metabolism in Plant Cells. *International Review of Cell and Molecular Biology*, Vol. 310, Burlington: Academic Press, pp. 1-37. ISBN: 978-0-12-800180-6
114. Xu, G., Fan, X., and Miller, A. J. (2012). Plant nitrogen assimilation and use efficiency. *Annu. Rev. Plant Biol.* 63, 153–182. doi: 10.1146/annurev-arplant-042811-105532
115. Weber VS, Melchinger AE, Magorokosho C, Makumbi D, Banzinger M, Atlin GN (2012) Efficiency of managed stress screening of elite maize hybrids under drought and low nitrogen for yield under rainfed conditions in South Africa. *Crop Sci* 52:1011–1020
116. Zadoks, J. C., Chang, T. T., and Konzak, C. F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.* 14, 415–421. doi: 10.1111/j.1365-3180.1974.tb01084.x
117. Zhao, Z.; He, K.; Feng, Z.; Li, Y.; Chang, L.; Zhang, X.; Xu, S.; Liu, J.; Xue, J. Evaluation of Yield-Based Low Nitrogen Tolerance Indices for Screening Maize (*Zea mays* L.) Inbred Lines. *Agronomy* 2019, 9, 240.
118. Zhu, H., Li, C., and Gao, C. (2020). Author Correction: applications of CRISPR Cas in agriculture and plant biotechnology. *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.* 21:782. doi: 10.1038/s41580-020-00312-y

7. SAŽETAK

U vrijeme povećane urbanizacije i industrijalizacije dolazi do smanjenja poljoprivrednih površina te do njihovog zagađenja. Uz to je globalni broj stanovnika u stalnom porastu pa je potrebno osigurati dovoljno hrane kako za ljude tako i za životinje. Korištenje dušičnih mineralnih gnojiva omogućilo je povećanje prinosa kod ratarskih kultura, no većina dušičnih gnojiva gubi se iz tla što predstavlja značaja ekološki i ekonomski problem. Zbog toga se razvijaju strategije kako poboljšati učinkovitost korištenja mineralnih gnojiva, naročito dušika. Jedna od strategija je razvoj i oplemenjivanje genotipova koji se odlikuju visokom učinkovitošću korištenja dušika kao elementa biljne ishrane.

Glavni ciljevi ovoga istraživanja bili su: utvrditi utjecaj gnojidbe dušikom na agronomska svojstva različitih genotipova pšenice i NUE (učinkovitost korištenja dušika) te odrediti genotipove s najvećim NUE, odrediti komponente varijance i heritabilnosti za prinos i NUE pri visokoj i niskoj razini opskrbljenosti dušikom, identificirati odnos između NUE i njegovih komponenti te na kraju utvrditi korelaciju između selekcijskih indeksa stresa i prinosa te sadržaja proteina u uvjetima visoke i niske opskrbljenosti dušikom te odrediti najtolerantnije genotipove pšenice s obzirom na navedena svojstva.

U ovom istraživanju korišteno je 48 genotipova ozime pšenice različitih zemalja podrijetla i godina priznavanja. Poljski pokus postavljen je kroz dvije vegetacijske sezone (2016./2017. i 2017./2018.) na tri lokacije (Osijek, Poreč i Zagreb) pri dvije razine gnojidbe dušikom (LN i HN). Direktno ili analizom u laboratoriju izmjereno je sedam agronomskih svojstava, dok je njih 15 izračunato prema danim formulama za računanje. Također istražena je mogućnost korištenja indeksa stresa u procjeni i odabiru genotipova pšenice tolerantnih na smanjenu količinu dušičnog gnojiva.

Rezultati su pokazali da gnojidba značajno utječe na povećanje prinosa, sadržaja proteina u zrnu te sadržaja dušika dostupnog pšenici, dok na učinkovitost korištenja i iskorištenja dušika gnojidba nije imala pozitivan utjecaj. U istraživanju je također utvrđeno da genotipovi i okolina te njihove interakcije imaju različite utjecaje na agronomska svojstva te da se kombinacijom različitih indeksa za stres mogu identificirati genotipovi otporni na reduciranu količinu dušika.

8. SUMMARY

In this time of increased urbanization and industrialization, there is a reduction in agricultural land area and its pollution. Additionally, the global population is in constant growth, so it is necessary to ensure sufficient food for both humans and animals. The use of nitrogen mineral fertilizers has enabled increased yields in field crops, but most fertilizers are lost from the soil, which represents a significant ecological and economic problem. Therefore, strategies are being developed to improve the nutrient use efficiency, especially nitrogen. One of the strategies is the development and breeding of genotypes characterized by high nitrogen use efficiency.

The main objectives of this research were: to determine the effect of nitrogen fertilization on agronomic traits of different wheat cultivars and NUE (nitrogen use efficiency) and to identify cultivars with the highest NUE; to determine variance components and heritability for yield and NUE under high and low nitrogen supply levels; to identify the relationship between NUE and its components; and finally, to determine the correlation between stress selection indices and yield and protein content under conditions of high and low nitrogen supply and to identify the most tolerant wheat cultivars regarding the mentioned traits.

In this research, 48 winter wheat cultivars of different countries of origin and years of recognition were used. The field experiment was conducted over two growing seasons (2016./2017. and 2017./2018.) at three locations (Osijek, Poreč and Zagreb) under two nitrogen fertilization levels (LN and HN). Seven agronomic traits were measured directly or through laboratory analysis, while 15 were calculated according to given formulas. The possibility of using stress indices in the assessment and selection of wheat cultivars tolerant to reduced amounts of available nitrogen fertilizer was also investigated.

The results showed that fertilization significantly affects the increase in yield, grain protein content, and nitrogen content available to wheat, while it affects nitrogen use and utilization efficiency by reducing them. The research also showed that genotypes and environment, as well as their interactions, have different effects on agronomic traits, and that a combination of different stress indices can identify genotypes resistant to reduced nitrogen amounts.

9. PRILOZI

Dodatna tablica 1. BLUP vrijednosti za agronomska svojstva za Osijek u sezoni 2016./2017. pri niskoj opskrbljenosti dušikom (LN)

GENOTIP	YIELD	GPC	PH	HI	NHI	GNY	NTA	NUE	NUPE	NUTE	NUEPROT	NUTEPROT	NREM	BPE	PANU
ANDELKA	7584	10,97	71	46,57	83,01	146	177	33,75	79,00	43,26	0,050	0,060	68,67	88,58	86,41
BC ANICA	7174	10,60	79	46,60	85,78	133	156	31,93	69,00	46,12	0,050	0,070	73,33	94,61	79,40
BC BERNARDA	5235	10,73	81	43,54	82,39	99	121	23,30	54,00	43,77	0,050	0,270	72,00	146,87	88,76
BC CERTISSA	7269	10,47	76	48,11	84,93	134	157	32,35	70,00	46,31	0,040	0,070	64,67	97,43	89,65
BC DARIJA	7180	10,90	78	47,21	85,48	138	161	31,95	72,00	44,73	0,050	0,070	68,67	94,43	72,84
BC IRENA	7246	11,87	88	44,52	81,48	151	185	32,25	82,00	39,15	0,050	0,060	45,33	92,08	114,58
BC IRMA	7360	10,27	80	45,80	83,33	133	160	32,76	71,00	46,34	0,050	0,060	62,33	101,82	78,57
BC LORENA	7467	10,60	76	46,16	83,76	139	167	33,23	74,00	45,12	0,050	0,070	28,33	104,02	125,35
BC LJEPOTICA	9330	10,40	73	44,91	79,49	170	214	41,52	95,00	43,59	0,050	0,050	56,33	86,33	127,63
BC OPSESIJA	8823	10,70	79	47,61	83,28	167	200	39,27	89,00	44,69	0,050	0,050	62,33	95,47	108,11
BC TENA	5513	12,03	85	41,07	78,76	117	148	24,54	66,00	37,21	0,050	0,080	70,00	97,28	44,96
BEZOSTAJA1	4925	12,80	124	38,16	79,46	111	140	21,92	62,00	35,54	0,060	0,090	45,33	110,48	67,96
BOLOGNA	6842	11,83	81	43,65	81,59	142	174	30,45	78,00	39,36	0,050	0,070	60,67	90,59	93,58
CALISOL	8056	10,03	87	50,32	85,33	142	166	35,85	74,00	48,79	0,040	0,060	70,33	103,07	73,16
DROPIA	7597	12,80	90	44,57	84,29	171	203	33,81	90,00	37,54	0,060	0,060	59,33	89,23	117,05
FELIX	6723	11,83	73	44,88	83,96	140	166	29,92	74,00	40,50	0,050	0,070	62,67	90,99	92,73
FICKO	7247	11,17	88	51,39	83,42	143	170	32,25	76,00	42,55	0,050	0,070	46,67	86,28	103,88
FLAMURA 85	7236	11,93	97	45,17	81,93	152	185	32,20	82,00	39,20	0,050	0,070	64,00	91,06	81,37
FORCALI	6947	11,30	79	42,13	79,54	138	174	30,92	77,00	40,18	0,050	0,070	58,67	94,06	81,74
GALLOPER	7382	10,17	96	40,66	80,89	132	163	32,85	73,00	45,36	0,050	0,060	60,00	110,62	68,34
GOLUBICA	6021	11,10	83	40,87	82,78	117	142	26,80	63,00	42,51	0,050	0,080	64,00	101,93	66,00
GRAINDOR	8731	9,13	90	44,17	82,43	140	170	38,86	76,00	51,48	0,040	0,060	61,00	107,76	98,51
ISENGRAIN	8288	9,77	87	47,38	79,76	142	178	36,88	79,00	46,59	0,040	0,050	41,67	104,91	96,63
KATARINA	7996	10,80	74	47,79	84,53	152	179	35,58	80,00	44,61	0,050	0,060	63,33	87,78	105,88
KRALJICA	7793	12,33	77	45,85	84,43	169	200	34,68	89,00	39,11	0,060	0,060	69,33	81,63	80,97
LUKULLUS	7834	12,10	106	41,84	83,34	168	201	34,86	89,00	39,53	0,050	0,060	65,67	92,29	106,64
MIHELCA	6989	10,93	91	43,50	80,79	134	167	31,10	74,00	42,31	0,050	0,070	58,67	92,98	93,39
MV-NADOR	7777	10,93	75	44,87	80,65	150	186	34,61	83,00	42,28	0,050	0,060	44,67	95,64	113,67
MV-NEMERE	7774	10,33	84	46,14	81,67	141	173	34,60	77,00	45,10	0,050	0,060	58,67	97,10	96,17
OS-JELENA	7493	11,17	93	42,77	82,51	147	178	33,34	79,00	42,14	0,050	0,060	58,67	94,32	98,37
OS-OLIMPIJA	6390	13,37	86	43,16	82,67	150	181	28,44	80,00	35,43	0,060	0,070	56,00	83,91	98,63
OS-CRVENKA	6124	12,37	88	44,16	84,07	133	158	27,26	70,00	38,85	0,060	0,080	64,00	94,91	71,85
PRIMA	7561	10,37	92	41,15	76,91	138	181	33,65	80,00	42,48	0,050	0,060	49,00	97,80	93,18
REBEKA	7106	11,23	99	45,32	83,05	139	168	31,62	75,00	42,37	0,050	0,070	63,00	99,87	79,24
RENAN	7659	11,43	93	42,82	79,90	154	193	34,09	86,00	39,92	0,050	0,060	49,33	93,86	133,10
SAN PASTORE	6096	11,03	103	42,14	83,66	118	142	27,13	63,00	43,32	0,050	0,080	63,00	102,83	67,32
SANA	7645	10,50	85	45,52	77,30	141	183	34,02	82,00	42,15	0,040	0,060	26,67	92,02	123,98
SILVIJA	6947	11,13	79	43,32	81,30	136	168	30,92	74,00	41,72	0,050	0,070	50,00	93,86	106,23
SLAVONIJA	7601	12,00	80	45,43	80,98	160	197	33,83	88,00	38,53	0,050	0,060	67,33	80,92	91,74
SOFRU	8756	9,67	78	48,48	82,57	149	180	38,96	80,00	48,79	0,040	0,050	55,00	100,01	107,68
SRPANJKA	6606	11,87	64	47,82	84,21	139	166	29,40	74,00	40,99	0,050	0,080	67,67	93,10	73,90
TIKA-TAKA	7938	11,30	90	46,07	81,50	157	192	35,33	86,00	41,34	0,050	0,060	35,00	92,01	134,31

TOSUNBEY	7506	11,80	103	42,21	80,63	156	193	33,40	86,00	39,13	0,050	0,060	61,67	85,23	105,64
U1	4556	12,40	149	28,65	70,97	99	142	20,28	63,00	32,66	0,050	0,090	49,67	114,62	55,31
VIKTORIA	7279	12,33	78	44,41	82,65	157	191	32,39	85,00	38,20	0,050	0,070	47,00	87,95	121,26
VULKAN	6907	10,47	88	42,20	83,02	127	153	30,74	68,00	45,21	0,050	0,070	47,33	107,25	107,57
WALDINGER	8102	11,57	96	46,18	82,73	164	199	36,06	88,00	40,78	0,050	0,060	67,67	86,57	94,30
ZLATNA DOLINA	6967	11,20	86	45,94	81,47	137	168	31,01	75,00	41,58	0,050	0,070	67,67	92,87	55,74

Dodatna tablica 2. BLUP vrijednosti za agronomska svojstva za Osijek u sezoni 2016./2017. pri visokoj opskrbljenosti dušikom (HN)

GENOTIP	YIELD	GPC	PH	HI	NHI	GNV	NTA	NUE	NUPE	NUTE	NUEPROT	NUTEPROT	NREM	BPE	PANU
ANDELKA	8432	13,30	73	51,23	82,15	197	240	32,20	92,00	35,21	0,050	0,060	67,33	70,49	100,01
BC ANICA	8590	12,57	84	47,16	86,78	190	218	32,80	83,00	39,39	0,050	0,060	82,00	82,66	67,95
BC BERNARDA	7729	12,37	86	43,37	73,27	167	228	29,51	87,00	33,89	0,050	0,050	70,00	78,74	45,34
BC CERTISSA	6878	12,00	76	48,78	79,03	145	184	26,27	70,00	37,63	0,050	0,070	50,67	83,93	90,49
BC DARIJA	9196	12,30	81	50,09	85,28	199	233	35,11	89,00	39,53	0,050	0,050	74,67	80,88	90,69
BC IRENA	6549	13,43	89	47,70	83,36	155	186	25,01	71,00	35,41	0,050	0,070	64,67	91,09	59,14
BC IRMA	8296	12,83	87	47,79	84,32	187	222	31,68	85,00	37,45	0,050	0,060	63,33	83,30	98,93
BC LORENA	8147	12,97	83	49,60	88,11	185	210	31,11	80,00	38,74	0,050	0,060	81,67	82,58	61,53
BC LJEPOTICA	9783	11,67	75	49,50	80,81	200	248	37,36	95,00	39,48	0,040	0,050	54,00	79,21	130,85
BC OPSESIJA	8568	12,13	80	47,44	81,76	182	223	32,72	85,00	38,39	0,050	0,060	64,00	84,36	94,30
BC TENA	6031	13,23	87	43,29	78,78	140	178	23,03	68,00	34,00	0,050	0,080	77,00	87,78	59,28
BEZOSTAJA1	5469	14,73	122	38,47	77,37	141	183	20,88	70,00	29,93	0,060	0,080	65,33	89,78	34,70
BOLOGNA	6565	13,37	82	44,32	76,58	154	201	25,07	77,00	32,67	0,050	0,070	57,33	76,87	83,98
CALISOL	7396	12,13	92	50,50	84,76	157	186	28,25	71,00	39,82	0,050	0,060	64,00	90,19	82,21
DROPIA	7333	13,87	91	46,79	86,01	178	208	28,00	79,00	35,36	0,050	0,070	69,33	82,40	97,25
FELIX	7933	13,33	72	49,82	84,35	186	221	30,29	84,00	36,10	0,050	0,060	65,67	78,78	104,90
FICKO	8711	13,43	87	45,31	80,09	205	256	33,26	98,00	33,99	0,050	0,050	60,00	75,20	124,18
FLAMURA 85	6564	13,13	91	45,62	81,38	151	187	25,07	71,00	35,32	0,050	0,070	64,33	85,23	75,72
FORCALI	6581	14,10	89	50,20	87,24	163	187	25,13	71,00	35,26	0,050	0,080	74,67	81,91	59,31
GALLOPER	6112	12,10	101	44,96	81,62	130	159	23,34	61,00	38,48	0,050	0,080	46,33	110,64	77,00
GOLUBICA	7229	14,67	86	43,53	85,83	186	216	27,61	82,00	33,39	0,060	0,070	79,67	73,28	76,92
GRAINDOR	8048	11,57	98	51,93	89,14	163	183	30,73	70,00	43,96	0,040	0,060	80,00	99,43	45,68
ISENGRAIN	7206	11,70	91	44,34	76,30	148	194	27,52	74,00	37,23	0,040	0,060	57,33	91,26	62,77
KATARINA	8516	12,77	76	52,32	85,37	191	224	32,52	86,00	38,14	0,050	0,060	75,33	76,54	64,03
KRALJICA	7719	14,07	78	48,43	83,08	190	229	29,48	87,00	33,67	0,050	0,060	64,33	81,57	77,48
LUKULLUS	7999	13,27	114	42,67	85,10	186	219	30,54	84,00	36,56	0,050	0,060	77,00	93,83	51,59
MIHELCA	6429	12,33	92	48,21	84,07	139	166	24,55	63,00	38,88	0,050	0,070	70,33	93,59	37,22
MV-NADOR	7832	13,53	81	42,45	78,88	185	241	29,91	92,00	33,18	0,050	0,060	72,33	79,75	84,42
MV-NEMERE	9456	12,37	89	50,72	85,35	205	240	36,11	92,00	39,33	0,050	0,050	67,33	79,74	123,47
OS-JELENA	6644	13,13	97	47,23	86,57	153	177	25,37	67,00	37,57	0,050	0,080	76,67	93,41	38,23
OS-OLIMPIJA	6071	15,43	85	43,09	79,90	164	207	23,19	79,00	29,46	0,060	0,080	67,00	71,63	69,16
OS-CRVENKA	5880	14,30	90	48,39	84,71	147	174	22,45	67,00	33,77	0,050	0,080	74,67	76,74	56,68
PRIMA	7556	12,00	88	44,99	76,53	159	208	28,85	79,00	36,37	0,050	0,060	55,00	84,22	79,66
REBEKA	7297	12,97	106	44,14	86,25	166	193	27,87	74,00	37,95	0,050	0,070	73,00	100,50	64,88
RENAN	7401	13,13	97	43,54	83,23	170	205	28,26	78,00	36,13	0,050	0,060	78,00	83,49	40,69
SAN PASTORE	6096	12,77	106	44,12	82,89	137	165	23,28	63,00	37,01	0,050	0,080	72,00	98,03	28,32
SANA	7169	12,00	87	47,24	82,81	151	182	27,38	69,00	39,35	0,050	0,070	67,33	86,98	73,12
SILVIJA	8297	13,03	82	44,63	80,08	190	238	31,68	91,00	35,04	0,050	0,060	60,67	81,78	108,56
SLAVONIJA	8202	13,43	80	49,04	83,60	193	231	31,32	88,00	35,48	0,050	0,060	69,67	73,33	78,14
SOFRU	9233	11,63	80	51,13	82,59	189	229	35,26	87,00	40,47	0,040	0,050	70,33	87,25	66,23
SRPANJKA	8587	13,70	67	49,98	86,01	206	240	32,79	92,00	35,79	0,050	0,060	77,00	69,18	99,30
TIKA-TAKA	8590	13,00	92	46,97	81,76	196	240	32,80	92,00	35,86	0,050	0,050	68,33	78,63	93,98
TOSUNBEY	8021	12,87	105	43,80	82,52	181	220	30,63	84,00	36,55	0,050	0,060	58,33	88,23	118,98
UI	4943	15,00	150	24,72	65,23	130	223	18,87	85,00	24,85	0,060	0,070	65,33	107,22	19,76
VIKTORIA	7645	14,20	80	45,83	80,97	190	236	29,19	90,00	32,51	0,050	0,060	58,00	74,40	108,82

VULKAN	8786	13,23	94	45,38	85,12	204	240	33,55	91,00	36,67	0,050	0,050	61,00	91,66	129,87
WALDINGER	6897	12,33	94	47,12	86,17	149	173	26,34	66,00	39,86	0,050	0,070	82,67	91,30	11,46
ZLATNA DOLINA	5508	12,17	88	46,36	82,35	118	144	21,03	55,00	38,57	0,050	0,090	68,67	97,99	38,05

Dodatna tablica 3. BLUP vrijednosti za agronomska svojstva za Osijek u sezoni 2017./2018. pri niskoj opskrbljenosti dušikom (LN)

GENOTIP	YIELD	GPC	PH	HI	NHI	GNY	NTA	NUE	NUPE	NUTE	NUEPROT	NUTEPROT	NREM	BPE	PANU
ANDELKA	5565	11,70	67	60,07	86,72	114	133	33,21	79,00	42,30	0,070	0,090	65,67	70,03	78,36
BC ANICA	5152	11,27	65	56,83	87,82	102	116	30,74	69,00	44,44	0,070	0,100	72,33	84,41	44,46
BC BERNARDA	5376	12,07	72	46,30	76,06	114	150	32,08	89,00	35,97	0,070	0,080	55,67	78,30	102,35
BC CERTISSA	5447	10,10	68	54,53	79,56	97	122	32,50	73,00	44,97	0,060	0,090	62,67	85,38	44,52
BC DARIJA	6099	11,53	67	60,50	88,17	123	140	36,39	84,00	43,63	0,070	0,080	81,33	70,64	52,76
BC IRENA	5741	12,17	68	53,60	83,15	122	147	34,25	88,00	38,96	0,070	0,080	70,67	69,67	66,35
BC IRMA	5672	11,50	71	54,43	84,69	115	136	33,84	81,00	42,05	0,070	0,090	61,67	77,64	76,71
BC LORENA	5333	11,23	69	54,93	87,81	105	120	31,82	72,00	44,58	0,070	0,090	58,33	86,42	54,74
BC LJEPOTICA	6955	10,67	63	58,20	78,94	130	166	41,50	99,00	42,12	0,060	0,060	23,67	74,48	100,67
BC OPSESIJA	5863	10,17	70	57,80	84,99	105	123	34,98	73,00	47,64	0,060	0,080	67,67	86,74	50,02
BC TENA	4592	11,80	77	48,37	86,64	95	109	27,40	65,00	41,85	0,070	0,110	38,33	97,35	83,03
BEZOSTAJA1	3678	11,90	77	47,70	75,80	77	104	21,94	62,00	36,51	0,070	0,120	50,00	86,90	62,61
BOLOGNA	5057	11,07	74	43,83	69,37	95	137	30,17	82,00	36,76	0,070	0,080	53,00	73,56	66,03
CALISOL	6212	9,97	76	52,17	82,68	108	131	37,06	78,00	47,48	0,060	0,080	69,33	84,00	60,43
DROPIA	4208	12,00	74	53,37	85,54	88	103	25,11	62,00	40,82	0,070	0,120	80,67	80,07	15,25
FELIX	5236	12,27	68	59,47	89,17	112	126	31,24	75,00	41,57	0,070	0,100	72,33	78,09	61,00
FICKO	5739	11,47	75	51,40	78,89	115	147	34,24	88,00	39,18	0,070	0,080	58,33	78,74	51,31
FLAMURA 85	4822	12,00	74	49,17	79,17	101	127	28,77	76,00	37,80	0,070	0,100	63,00	75,28	56,61
FORCALI	5529	12,63	66	45,47	78,87	123	158	32,99	95,00	35,53	0,080	0,080	59,67	66,02	97,93
GALLOPER	5572	11,00	80	52,27	87,07	108	124	33,25	74,00	45,27	0,070	0,090	81,67	90,27	46,59
GOLUBICA	4854	11,67	72	55,30	86,51	99	114	28,96	68,00	42,34	0,070	0,100	79,00	80,52	33,62
GRAINDOR	5752	9,93	79	56,90	86,67	99	115	34,32	68,00	50,34	0,060	0,090	77,00	97,36	30,68
ISENGRAIN	6263	11,17	73	52,90	78,58	124	157	37,37	94,00	40,41	0,070	0,070	62,67	83,48	378,29
KATARINA	5017	11,07	63	61,93	85,14	98	114	29,93	68,00	43,91	0,070	0,100	62,33	74,14	63,27
KRALJICA	5693	11,83	71	54,03	85,25	118	139	33,97	83,00	41,07	0,070	0,090	63,00	76,30	71,90
LUKULLUS	5020	12,47	84	44,60	80,31	110	138	29,95	82,00	36,91	0,070	0,090	42,33	83,58	91,69
MIHELCA	4942	11,00	72	46,57	82,12	95	115	29,49	69,00	42,64	0,070	0,100	69,33	89,42	75,73
MV-NADOR	5820	11,13	66	56,63	85,53	114	133	34,72	79,00	43,88	0,070	0,090	67,00	72,26	82,72
MV-NEMERE	5641	11,67	75	50,73	77,34	116	150	33,66	89,00	37,89	0,070	0,080	57,33	73,11	70,65
OS-JELENA	5353	11,03	80	55,13	88,57	104	118	31,94	70,00	46,09	0,060	0,090	78,67	83,86	33,66
OS-OLIMPIJA	4167	13,40	77	49,07	77,02	98	129	24,87	77,00	33,22	0,080	0,110	66,00	66,04	38,36
OS-CRVENKA	3694	12,40	82	47,30	83,90	81	98	22,04	59,00	38,77	0,080	0,130	73,00	90,56	26,38
PRIMA	5360	10,37	77	50,73	82,99	97	116	31,98	69,00	45,90	0,060	0,090	81,67	89,31	20,54
REBEKA	5339	11,33	75	49,70	83,55	107	128	31,86	76,00	42,20	0,070	0,090	69,00	89,68	52,07
RENAN	4488	12,83	80	41,93	80,20	101	131	26,78	78,00	35,97	0,080	0,100	53,00	87,39	82,36
SAN PASTORE	4634	11,63	80	51,80	80,88	94	117	27,65	70,00	39,70	0,070	0,100	51,67	85,72	56,82
SANA	5156	10,57	69	55,33	78,61	96	122	30,76	73,00	42,41	0,060	0,090	66,33	76,75	37,18
SILVIJA	5791	11,67	74	51,43	79,24	119	150	34,55	90,00	38,79	0,070	0,080	41,67	74,50	97,59
SLAVONIJA	5201	11,13	66	53,97	83,00	102	122	31,03	73,00	42,50	0,070	0,090	66,67	80,78	49,74
SOFRU	6511	10,30	68	59,07	86,81	118	136	38,85	81,00	48,16	0,060	0,080	78,33	85,28	39,37
SRPANJKA	5517	11,17	61	59,40	86,51	107	124	32,92	74,00	44,33	0,060	0,090	82,33	77,96	20,21
TIKA-TAKA	5411	11,50	80	54,10	79,58	109	139	32,29	83,00	39,48	0,070	0,080	39,33	78,18	87,97
TOSUNBEY	3970	12,20	90	48,13	79,07	84	107	23,68	64,00	37,00	0,070	0,120	70,33	87,58	25,44
UI	2716	13,73	122	29,40	69,91	66	97	16,20	58,00	29,41	0,080	0,150	45,67	105,21	56,53
VIKTORIA	5113	13,07	67	52,13	86,48	117	136	30,51	81,00	37,84	0,080	0,100	71,33	72,64	74,51

VULKAN	5806	11,43	74	51,23	85,77	116	136	34,64	82,00	42,74	0,070	0,090	69,67	76,21	79,90
WALDINGER	5929	10,87	79	53,00	82,98	113	136	35,38	81,00	43,60	0,060	0,080	63,67	86,28	55,13
ZLATNA DOLINA	4368	11,73	71	51,23	84,00	90	106	26,06	63,00	40,84	0,070	0,110	83,67	77,90	30,65

Dodatna tablica 4. BLUP vrijednosti za agronomska svojstva za Osijek u sezoni 2017./2018. pri visokoj opskrbljenosti dušikom (HN)

GENOTIP	YIELD	GPC	PH	HI	NHI	GNV	NTA	NUE	NUPE	NUTE	NUEPROT	NUTEPROT	NREM	BPE	PANU
ANDELKA	6672	13,10	67	61,57	84,61	153	181	29,57	80,00	36,82	0,060	0,070	73,00	59,18	81,64
BC ANICA	6693	13,17	71	54,67	83,19	155	186	29,66	82,00	36,01	0,060	0,070	71,00	65,72	79,60
BC BERNARDA	7189	13,83	74	48,37	78,39	174	223	31,87	99,00	32,29	0,060	0,060	43,00	63,67	135,73
BC CERTISSA	7157	11,63	71	56,70	86,80	146	168	31,72	74,00	42,60	0,050	0,070	82,00	70,68	60,40
BC DARIJA	6559	12,63	74	57,53	85,68	145	169	29,07	75,00	38,66	0,060	0,080	79,00	66,27	57,85
BC IRENA	6881	13,53	77	55,27	82,94	163	197	30,50	87,00	34,95	0,060	0,070	72,33	62,56	79,21
BC IRMA	6705	13,33	73	53,83	84,32	157	186	29,72	83,00	36,03	0,060	0,070	82,00	65,90	39,43
BC LORENA	7101	13,80	72	56,73	84,83	172	203	31,47	90,00	35,04	0,060	0,070	79,67	60,11	66,61
BC LJEPOTICA	7579	11,90	68	62,33	89,36	158	178	33,60	79,00	42,98	0,050	0,070	81,33	71,14	59,30
BC OPSESIJA	8198	11,97	72	58,00	80,92	172	214	36,34	95,00	38,55	0,050	0,050	58,33	68,82	103,51
BC TENA	6253	14,53	83	51,20	87,17	160	184	27,72	81,00	34,21	0,060	0,080	76,67	68,50	82,14
BEZOSTAJA1	3444	14,77	85	47,70	83,09	88	107	15,26	47,00	32,14	0,060	0,140	74,00	82,50	20,36
BOLOGNA	6071	13,53	72	55,17	86,53	144	167	26,91	74,00	36,48	0,060	0,080	77,33	67,53	57,19
CALISOL	6559	12,37	78	53,87	87,83	142	163	29,07	72,00	40,66	0,050	0,080	84,67	74,66	38,02
DROPIA	5606	14,03	75	46,27	75,84	138	182	24,85	81,00	30,86	0,060	0,080	66,33	60,23	69,54
FELIX	6809	13,73	67	59,47	88,55	164	185	30,18	82,00	36,81	0,060	0,080	75,67	64,60	72,89
FICKO	6952	14,13	78	53,40	83,20	172	208	30,81	92,00	33,61	0,060	0,070	56,67	64,04	121,41
FLAMURA 85	5554	13,33	79	53,27	83,19	130	156	24,62	69,00	35,60	0,060	0,090	74,00	66,20	56,64
FORCALI	6302	14,67	66	52,13	85,45	162	190	27,93	84,00	33,28	0,070	0,080	83,67	58,12	57,36
GALLOPER	6129	13,27	87	48,20	84,17	142	174	27,17	77,00	36,37	0,060	0,080	82,00	70,68	51,97
GOLUBICA	6175	14,73	76	51,60	80,29	160	199	27,37	88,00	31,08	0,070	0,070	59,67	59,76	88,09
GRAINDOR	6346	11,67	81	52,70	84,05	130	155	28,13	69,00	41,14	0,050	0,070	76,67	81,40	41,89
ISENGRAIN	6574	12,73	74	45,50	75,59	147	195	29,14	87,00	33,85	0,060	0,060	64,33	71,86	62,68
KATARINA	7412	13,10	63	62,53	87,07	170	196	32,85	87,00	37,97	0,060	0,070	68,67	63,04	101,11
KRALJICA	7238	14,40	71	57,63	87,04	183	211	32,08	93,00	34,48	0,060	0,070	80,00	57,76	92,95
LUKULLUS	5639	14,57	91	38,40	78,39	144	186	24,99	82,00	30,69	0,060	0,080	62,33	76,23	121,12
MIHELCA	6194	13,07	71	50,40	78,16	142	184	27,45	81,00	34,14	0,060	0,070	73,67	65,15	58,00
MV-NADOR	7513	13,23	67	56,23	85,05	174	206	33,30	91,00	36,69	0,060	0,070	77,67	64,41	75,52
MV-NEMERE	6843	13,00	71	60,07	91,50	156	171	30,33	76,00	40,23	0,060	0,080	79,33	71,13	79,10
OS-JELENA	6418	13,20	81	48,77	82,82	149	180	28,45	80,00	35,77	0,060	0,080	77,00	67,36	59,85
OS-OLIMPIJA	5462	16,07	79	50,13	80,62	154	191	24,21	84,00	28,63	0,070	0,090	66,67	56,67	66,81
OS-CRVENKA	4750	14,27	76	49,53	79,84	119	149	21,05	66,00	31,91	0,060	0,100	63,67	68,01	51,88
PRIMA	7503	11,93	80	48,57	80,49	157	196	33,25	87,00	38,69	0,060	0,060	76,33	73,56	50,55
REBEKA	6063	13,33	79	53,43	90,70	142	157	26,87	69,00	38,78	0,060	0,090	88,00	74,41	33,86
RENAN	5841	14,83	77	46,43	83,30	152	183	25,89	81,00	32,00	0,070	0,080	50,67	67,85	112,50
SAN PASTORE	5084	13,83	83	49,43	82,86	123	149	22,53	66,00	34,14	0,060	0,100	70,67	75,93	62,42
SANA	6753	12,10	72	51,27	80,84	143	178	29,93	79,00	38,17	0,050	0,070	76,00	73,96	38,55
SILVIJA	6880	13,77	72	55,87	86,47	166	194	30,49	86,00	35,93	0,060	0,070	71,67	67,22	91,29
SLAVONIJA	6350	13,17	69	57,70	88,96	147	165	28,14	73,00	38,53	0,060	0,080	79,00	69,23	62,87
SOFRU	8347	11,43	68	63,20	91,21	167	184	37,00	81,00	45,60	0,050	0,060	89,33	68,35	53,04
SRPANJKA	7305	13,13	64	58,47	86,27	168	195	32,38	87,00	37,48	0,060	0,070	74,67	66,28	77,73
TIKA-TAKA	7646	12,93	77	56,53	84,24	174	207	33,89	92,00	37,22	0,060	0,060	56,00	66,97	125,79
TOSUNBEY	5451	13,83	88	51,03	81,34	132	162	24,16	72,00	33,52	0,060	0,090	64,33	69,70	66,28
UI	3774	16,73	121	31,27	70,99	111	158	16,73	70,00	24,20	0,070	0,100	60,33	78,40	60,44
VIKTORIA	6301	15,13	73	52,30	80,82	168	208	27,93	92,00	30,47	0,070	0,080	69,33	58,52	74,99

VULKAN	7225	13,30	73	50,03	78,80	169	219	32,02	97,00	34,05	0,060	0,060	63,33	66,08	104,96
WALDINGER	7102	12,90	82	56,37	88,81	161	182	31,48	81,00	39,29	0,060	0,070	86,67	67,34	48,19
<u>ZLATNA DOLINA</u>	6179	13,20	71	53,90	82,38	143	174	27,39	77,00	35,57	0,060	0,080	64,33	66,42	76,15

Dodatna tablica 5. BLUP vrijednosti za agronomska svojstva za Poreč u sezoni 2016./2017. pri niskoj opskrbljenosti dušikom (LN)

GENOTIP	YIELD	GPC	PH	HI	NHI	GNV	NTA	NUE	NUPE	NUTE	NUEPROT	NUTEPROT	NREM	BPE	PANU
ANDELKA	4756	8,93	68	44,57	82,81	76	90	38,98	74,00	53,17	0,070	0,100	42,00	142,91	60,27
BC ANICA	3767	9,13	79	36,05	74,04	60	82	30,88	67,00	46,17	0,070	0,110	45,67	137,25	49,76
BC BERNARDA	5486	8,73	88	37,69	75,07	85	112	44,97	92,00	48,95	0,070	0,080	30,67	145,67	69,08
BC CERTISSA	3515	8,17	72	44,70	83,32	51	60	28,82	50,00	58,01	0,070	0,140	48,67	170,32	42,02
BC DARIJA	4531	9,30	77	42,26	82,63	74	90	37,14	73,00	50,62	0,080	0,100	49,00	147,33	45,68
BC IRENA	4600	8,37	88	37,39	82,69	67	81	37,71	67,00	56,34	0,070	0,100	63,00	173,74	26,18
BC IRMA	4527	9,53	84	35,47	77,14	76	98	37,11	80,00	46,07	0,080	0,100	56,67	143,53	54,21
BC LORENA	3856	9,87	76	36,78	79,38	67	84	31,61	69,00	45,99	0,080	0,120	40,33	142,48	42,07
BC LJEPOTICA	4630	9,53	78	41,90	83,27	76	92	37,96	75,00	50,59	0,080	0,110	38,67	144,45	45,94
BC OPSESIIJA	5046	8,33	79	39,54	86,83	74	86	41,36	71,00	59,73	0,070	0,100	75,00	172,31	34,47
BC TENA	2432	10,67	88	36,12	78,37	46	58	19,94	47,00	41,86	0,090	0,190	22,67	156,71	39,16
BEZOSTAJA1	3855	10,37	120	31,87	77,88	71	90	31,60	74,00	42,90	0,090	0,130	52,33	158,87	38,68
BOLOGNA	3945	9,43	81	34,65	82,56	65	79	32,33	65,00	49,82	0,080	0,120	58,67	161,47	36,02
CALISOL	4262	8,13	86	43,84	79,11	60	76	34,93	63,00	55,88	0,070	0,110	65,67	160,17	5,72
DROPIA	4314	9,60	93	34,45	74,93	73	99	35,36	81,00	44,42	0,080	0,100	61,67	135,69	23,65
FELIX	3888	9,33	74	36,89	75,57	64	84	31,87	69,00	46,02	0,070	0,110	41,33	137,99	38,25
FICKO	3955	9,83	80	37,26	77,14	68	88	32,42	72,00	44,68	0,080	0,110	59,33	141,15	43,54
FLAMURA 85	4532	9,63	96	37,01	86,20	77	89	37,15	73,00	51,04	0,080	0,110	49,33	173,33	53,94
FORCALI	3871	10,23	79	34,47	73,27	70	94	31,74	77,00	40,71	0,090	0,110	30,33	130,97	60,69
GALLOPER	4627	8,50	99	37,87	80,42	69	86	37,93	71,00	54,08	0,070	0,100	52,00	176,78	38,30
GOLUBICA	4073	9,57	86	37,37	76,02	69	90	33,39	74,00	45,16	0,080	0,110	41,67	141,49	41,05
GRAINDOR	5063	7,70	92	41,11	79,92	68	86	41,50	70,00	59,14	0,060	0,090	48,33	161,98	46,67
ISENGRAIN	4726	8,40	90	35,25	73,23	71	94	38,74	77,00	49,67	0,070	0,090	61,00	121,60	28,67
KATARINA	3255	8,93	75	42,56	82,45	51	63	26,68	51,00	52,51	0,070	0,500	50,00	224,81	28,59
KRALJICA	4149	10,27	75	39,53	84,32	75	89	34,01	73,00	46,82	0,080	0,120	51,67	150,31	49,99
LUKULLUS	4257	9,23	99	32,82	73,51	69	95	34,89	78,00	45,23	0,080	0,100	36,33	157,06	51,53
MIHELCA	3827	9,37	85	41,32	80,66	63	78	31,37	64,00	49,05	0,080	0,120	57,67	162,54	37,55
MV-NADOR	4677	9,23	80	36,60	72,86	76	104	38,34	85,00	44,95	0,070	0,090	34,00	127,92	58,32
MV-NEMERE	4649	9,73	85	37,53	78,79	80	100	38,11	82,00	46,11	0,080	0,100	30,33	140,50	58,96
OS-JELENA	4974	9,20	94	33,85	76,16	81	107	40,77	87,00	47,34	0,080	0,090	40,67	149,84	53,53
OS-OLIMPIJA	3639	10,90	85	31,91	77,41	70	90	29,83	74,00	40,61	0,090	0,120	58,33	135,66	28,30
OS-CRVENKA	4394	9,97	89	36,32	81,18	78	94	36,02	77,00	46,33	0,080	0,110	62,00	156,98	32,85
PRIMA	5518	8,13	93	38,82	78,44	81	101	45,23	83,00	55,23	0,070	0,080	58,67	158,97	27,39
REBEKA	3873	9,07	94	39,91	78,48	61	78	31,74	64,00	49,37	0,070	0,120	29,00	147,86	50,87
RENAN	4609	9,03	91	31,89	70,02	73	104	37,78	85,00	44,08	0,070	0,080	52,33	140,31	30,85
SAN PASTORE	4360	9,23	106	35,34	78,05	71	92	35,74	75,00	48,17	0,080	0,100	65,33	159,75	29,62
SANA	4182	7,73	82	40,17	72,77	57	79	34,28	65,00	53,75	0,060	0,100	23,33	161,74	45,96
SILVIJA	4596	9,33	84	36,22	73,05	76	102	37,68	84,00	44,45	0,070	0,090	36,67	132,92	44,66
SLAVONIJA	4148	8,63	76	38,27	76,74	63	82	33,99	67,00	50,42	0,070	0,110	45,33	145,98	45,06
SOFRU	6258	8,43	83	42,39	83,17	93	111	51,30	91,00	56,26	0,070	0,080	67,67	140,32	48,83
SRPANJKA	4427	9,50	68	44,93	83,93	74	88	36,28	72,00	50,29	0,080	0,110	52,33	154,80	40,50
TIKA-TAKA	4589	8,37	85	40,98	74,68	68	90	37,61	74,00	50,70	0,070	0,090	35,33	140,61	49,86
TOSUNBEY	3793	9,10	100	30,18	71,45	61	85	31,09	69,00	44,69	0,070	0,110	47,67	158,34	43,85
UI	3036	10,20	149	26,08	71,26	55	76	24,88	62,00	39,76	0,080	0,130	48,67	195,20	23,52
VIKTORIA	4179	10,07	82	32,03	77,94	74	96	34,25	78,00	44,19	0,080	0,110	68,00	140,24	28,31

VULKAN	5239	9,73	90	35,06	77,40	89	115	42,94	95,00	45,33	0,080	0,080	60,00	130,74	48,86
WALDINGER	5319	8,77	87	40,35	77,69	83	105	43,60	86,00	50,31	0,070	0,080	38,67	146,15	76,08
<u>ZLATNA DOLINA</u>	4320	9,13	88	37,87	80,52	70	87	35,41	71,00	50,33	0,080	0,110	55,33	161,44	32,83

Dodatna tablica 6. BLUP vrijednosti za agronomska svojstva za Poreč u sezoni 2016./2017. pri visokoj opskrbljenosti dušikom (HN)

GENOTIP	YIELD	GPC	PH	HI	NHI	GNV	NTA	NUE	NUPE	NUTE	NUEPROT	NUTEPROT	NREM	BPE	PANU
ANDELKA	4608	10,60	71	39,49	78,69	86	110	29,21	70,00	42,30	0,070	0,100	55,67	118,66	45,42
BC ANICA	5177	11,33	80	45,78	87,04	103	119	32,82	75,00	43,78	0,070	0,100	61,33	128,78	56,73
BC BERNARDA	4960	10,43	86	40,11	82,63	90	108	31,45	69,00	46,02	0,070	0,100	59,67	135,28	60,75
BC CERTISSA	4950	10,73	78	45,42	87,00	94	107	31,39	68,00	46,22	0,070	0,100	61,67	134,25	44,93
BC DARIJA	4729	11,40	80	44,59	84,60	95	112	29,98	71,00	42,30	0,070	0,100	66,00	123,68	36,16
BC IRENA	4917	10,87	84	42,73	87,59	94	108	31,17	68,00	46,11	0,070	0,100	82,33	141,82	57,34
BC IRMA	4878	11,23	80	40,76	89,13	96	108	30,93	69,00	45,23	0,070	0,110	62,33	151,48	52,41
BC LORENA	3739	11,87	76	39,47	82,12	77	93	23,71	59,00	39,59	0,080	0,140	55,00	130,42	38,72
BC LJEPOTICA	5155	10,47	76	44,08	85,42	94	112	32,68	71,00	46,50	0,070	0,100	66,00	136,16	37,75
BC OPSESIJA	5492	10,47	76	45,74	85,11	101	120	34,82	76,00	46,40	0,070	0,090	62,67	134,92	44,61
BC TENA	2683	13,87	79	32,14	73,91	66	86	17,01	55,00	30,39	0,090	0,210	67,33	120,05	57,85
BEZOSTAJA1	4614	12,23	124	33,89	83,04	99	119	29,25	76,00	38,73	0,080	0,110	69,00	136,56	35,69
BOLOGNA	5683	12,00	87	42,94	82,31	120	146	36,03	92,00	39,14	0,070	0,080	43,33	109,49	68,93
CALISOL	6318	10,40	92	44,76	81,61	116	147	40,06	93,00	45,35	0,060	0,080	58,33	125,05	77,36
DROPIA	4493	12,27	91	36,56	79,37	97	122	28,49	77,00	36,92	0,080	0,100	52,67	118,13	54,64
FELIX	3665	12,07	74	48,30	86,67	78	89	23,23	56,00	40,93	0,080	0,140	70,33	122,17	31,56
FICKO	4042	12,23	83	34,68	70,37	87	122	25,63	77,00	32,73	0,080	0,110	42,67	111,25	49,59
FLAMURA 85	4547	11,97	94	37,57	81,90	96	117	28,83	74,00	39,04	0,080	0,110	68,67	121,27	29,64
FORCALI	4725	13,07	82	36,15	76,43	109	141	29,96	90,00	33,27	0,080	0,100	69,33	106,04	19,31
GALLOPER	5143	10,70	99	40,54	82,95	97	116	32,61	74,00	44,22	0,070	0,090	62,33	140,77	40,87
GOLUBICA	4181	12,03	85	40,65	84,17	88	105	26,51	66,00	39,91	0,080	0,120	72,33	122,18	20,34
GRAINDOR	4929	10,27	87	42,89	85,22	89	104	31,25	66,00	47,58	0,060	0,100	64,00	133,75	46,26
ISENGRAIN	5136	10,53	92	47,17	84,03	93	111	32,56	70,00	45,58	0,060	0,130	77,67	111,41	35,79
KATARINA	5786	11,13	73	47,11	84,39	113	135	36,68	86,00	43,44	0,070	0,080	50,67	109,41	60,01
KRALJICA	4911	12,33	78	40,38	85,47	106	124	31,14	79,00	39,62	0,080	0,100	75,00	112,89	31,18
LUKULLUS	3999	11,83	101	34,90	76,73	83	107	25,35	68,00	36,93	0,080	0,120	52,67	142,70	35,59
MIHELCA	3509	11,33	92	36,73	79,28	70	87	22,25	55,00	39,90	0,070	0,140	59,67	138,77	26,45
MV-NADOR	4609	11,27	78	39,14	80,58	91	113	29,22	71,00	40,76	0,070	0,100	66,67	122,30	28,93
MV-NEMERE	5088	11,83	86	39,79	82,51	105	128	32,25	81,00	39,94	0,070	0,090	68,00	115,77	40,34
OS-JELENA	5790	11,37	98	41,41	81,41	115	141	36,71	90,00	40,82	0,070	0,080	48,33	117,67	66,51
OS-OLIMPIJA	4478	13,90	91	39,75	80,38	109	136	28,39	86,00	33,11	0,090	0,100	38,33	104,23	69,95
OS-CRVENKA	4200	12,33	88	35,30	81,66	91	112	26,63	71,00	37,75	0,080	0,110	67,00	125,59	42,37
PRIMA	3700	10,33	85	38,96	83,43	67	83	23,46	53,00	46,03	0,070	0,150	74,00	162,24	27,15
REBEKA	4733	11,77	103	38,66	79,20	99	130	30,01	83,00	38,84	0,080	0,100	59,00	121,96	44,69
RENAN	4807	11,80	96	35,52	74,94	100	133	30,48	84,00	36,26	0,070	0,090	47,67	116,50	46,15
SAN PASTORE	4892	11,23	104	36,72	77,97	96	123	31,02	78,00	39,59	0,070	0,100	66,00	128,42	20,83
SANA	3764	10,40	84	43,18	81,75	69	83	23,87	52,00	44,92	0,060	0,140	65,67	144,74	36,01
SILVIJA	4876	11,17	76	40,19	79,66	96	121	30,92	77,00	40,78	0,070	0,090	44,00	120,82	66,07
SLAVONIJA	4318	11,07	77	39,89	83,25	84	99	27,38	63,00	42,90	0,070	0,120	72,67	126,17	38,58
SOFRU	5433	10,23	78	42,37	80,39	97	120	34,44	76,00	44,79	0,070	0,090	66,00	118,08	34,87
SRPANJKA	4556	11,63	66	41,52	83,42	93	112	28,89	71,00	40,90	0,070	0,110	62,33	114,76	45,05
TIKA-TAKA	5200	10,97	88	38,51	75,36	100	130	32,97	83,00	39,25	0,070	0,090	44,00	114,36	55,09
TOSUNBEY	3226	12,07	102	34,69	77,74	69	87	20,46	55,00	36,72	0,080	0,150	61,00	137,81	26,16
UI	3174	13,43	155	27,35	72,32	76	103	20,12	65,00	30,69	0,090	0,140	54,67	146,06	37,85
VIKTORIA	3562	12,53	81	33,71	78,59	79	99	22,59	63,00	35,74	0,080	0,130	72,67	120,83	34,27

VULKAN	4164	11,77	89	37,09	77,77	87	109	26,40	69,00	37,54	0,080	0,110	53,33	129,04	34,80
WALDINGER	6114	11,50	90	42,31	86,08	123	143	38,77	91,00	42,73	0,070	0,080	71,00	119,49	50,11
<u>ZLATNA DOLINA</u>	4018	11,57	81	35,00	74,78	82	106	25,47	67,00	36,71	0,070	0,120	69,67	117,39	21,75

Dodatna tablica 7. BLUP vrijednosti za agronomska svojstva za Poreč u sezoni 2017./2018. pri niskoj opskrbljenosti dušikom (LN)

GENOTIP	YIELD	GPC	PH	HI	NHI	GNV	NTA	NUE	NUPE	NUTE	NUEPROT	NUTEPROT	NREM	BPE	PANU
ANDELKA	5898	10,57	69	53,80	89,64	110	122	37,00	77,00	48,75	0,070	0,090	87,67	88,61	31,04
BC ANICA	5537	10,90	74	50,07	91,64	106	116	34,74	73,00	48,02	0,070	0,100	89,33	94,82	56,56
BC BERNARDA	6169	10,73	82	29,03	77,43	116	151	38,70	95,00	41,26	0,070	0,070	86,67	106,00	18,06
BC CERTISSA	6009	9,20	74	41,60	83,85	97	116	37,69	73,00	51,91	0,060	0,080	92,00	101,94	30,65
BC DARIJA	5948	10,90	74	43,53	85,92	114	133	37,31	84,00	44,80	0,070	0,080	86,00	95,76	43,81
BC IRENA	6080	11,07	83	51,73	90,32	118	131	38,14	82,00	46,93	0,070	0,090	89,33	86,91	55,33
BC IRMA	6027	10,63	86	44,73	87,51	113	130	37,81	82,00	47,21	0,070	0,080	88,67	97,13	17,06
BC LORENA	5527	10,87	79	50,20	90,30	105	117	34,67	73,00	47,58	0,070	0,090	89,33	93,26	32,41
BC LJEPOTICA	5287	10,63	71	40,13	84,02	100	116	33,17	73,00	45,01	0,060	0,110	88,67	124,44	36,22
BC OPSESIJA	6775	10,60	81	45,30	88,84	126	142	42,50	89,00	47,91	0,070	0,080	87,67	88,71	51,04
BC TENA	5036	11,67	93	26,80	76,03	103	136	31,59	86,00	37,38	0,070	0,080	74,00	126,68	25,46
BEZOSTAJA1	5281	10,77	103	30,97	79,06	100	127	33,13	80,00	41,73	0,070	0,090	82,67	119,42	29,63
BOLOGNA	5191	11,50	79	30,57	80,46	105	130	32,56	82,00	39,94	0,070	0,090	81,33	108,51	28,78
CALISOL	5861	9,83	89	49,07	89,68	101	113	36,77	71,00	52,26	0,060	0,090	86,00	126,66	24,24
DROPIA	5516	11,30	88	50,13	88,21	109	124	34,60	78,00	44,60	0,070	0,090	88,00	85,79	18,66
FELIX	5875	11,07	76	53,73	89,81	114	127	36,86	80,00	46,38	0,070	0,090	93,00	76,22	80,49
FICKO	5579	11,63	85	27,20	72,43	114	161	35,00	101,00	35,68	0,070	0,070	78,00	114,83	35,81
FLAMURA 85	5246	10,77	90	45,20	88,55	100	112	32,91	70,00	47,06	0,070	0,100	88,33	105,60	23,46
FORCALI	5519	12,03	84	46,13	87,81	117	133	34,62	83,00	41,81	0,070	0,090	83,33	97,32	32,84
GALLOPER	5931	10,70	96	45,03	88,45	111	126	37,21	79,00	47,45	0,070	0,080	87,33	113,67	66,66
GOLUBICA	5446	11,60	87	45,40	85,53	111	130	34,16	81,00	42,03	0,070	0,090	86,67	87,56	17,07
GRAINDOR	6744	9,53	92	43,50	84,83	112	133	42,30	83,00	50,78	0,060	0,070	75,33	108,24	63,45
ISENGRAIN	6724	10,90	82	44,63	87,46	124	142	42,18	89,00	47,59	0,070	0,080	95,00	217,68	49,48
KATARINA	6540	10,80	73	38,97	83,12	124	149	41,02	94,00	43,86	0,070	0,070	88,33	92,09	42,65
KRALJICA	5617	11,53	77	45,40	86,80	114	131	35,24	83,00	42,92	0,070	0,090	88,67	86,55	17,95
LUKULLUS	5371	12,40	102	41,73	89,07	117	131	33,69	82,00	41,07	0,080	0,100	47,00	103,85	98,64
MIHELCA	5918	10,17	87	46,17	89,02	106	119	37,12	75,00	50,20	0,060	0,090	92,33	91,27	25,97
MV-NADOR	5361	10,20	65	53,33	88,35	96	109	33,60	68,00	49,46	0,060	0,100	80,00	98,32	37,90
MV-NEMERE	6315	10,30	83	50,07	89,13	114	128	39,62	80,00	49,41	0,060	0,080	94,00	87,72	345,42
OS-JELENA	5764	10,30	83	47,87	87,10	105	120	36,16	75,00	48,59	0,070	0,090	85,00	99,92	24,11
OS-OLIMPIJA	4801	12,33	88	38,70	81,47	104	128	30,12	80,00	37,79	0,080	0,100	79,00	89,27	29,05
OS-CRVENKA	5724	11,10	89	55,63	90,74	112	123	35,91	77,00	46,76	0,070	0,090	91,67	84,00	9,74
PRIMA	7210	9,80	86	53,10	89,98	124	138	45,23	87,00	52,46	0,060	0,070	89,33	93,33	26,53
REBEKA	5058	10,60	95	46,87	88,41	94	107	31,73	67,00	47,52	0,070	0,100	86,67	95,11	27,44
RENAN	5484	11,90	89	44,63	86,51	114	132	34,40	83,00	41,57	0,080	0,090	88,67	85,35	45,10
SAN PASTORE	5526	11,07	102	45,37	89,22	107	120	34,67	75,00	46,16	0,070	0,090	80,67	104,14	35,31
SANA	5846	10,07	75	38,63	80,10	103	129	36,67	81,00	45,36	0,060	0,080	88,33	87,76	21,22
SILVIJA	6129	11,37	77	42,20	86,31	122	142	38,45	89,00	43,38	0,070	0,080	90,00	87,40	34,77
SLAVONIJA	5602	11,47	78	50,63	90,75	113	124	35,14	78,00	45,17	0,070	0,090	90,33	90,04	15,09
SOFRU	6908	10,17	75	62,03	92,74	123	133	43,33	83,00	52,34	0,060	0,080	92,00	82,81	23,16
SRPANJKA	5701	10,43	66	47,20	85,84	105	122	35,76	76,00	47,01	0,060	0,090	87,67	89,33	17,22
TIKA-TAKA	6022	10,60	83	42,37	83,08	112	136	37,78	86,00	45,10	0,070	0,080	75,67	114,86	31,36
TOSUNBEY	5763	11,17	102	47,87	88,75	114	128	36,16	80,00	45,37	0,070	0,090	85,33	96,60	23,00
UI	4426	12,67	138	33,97	83,30	97	118	27,76	74,00	37,78	0,080	0,110	73,67	108,75	40,37
VIKTORIA	5125	12,37	80	43,43	86,00	111	130	32,15	82,00	39,76	0,080	0,090	88,67	86,57	19,59

VULKAN	6083	11,50	97	44,77	85,63	123	143	38,16	90,00	42,39	0,070	0,080	93,00	71,34	24,41
WALDINGER	5652	10,30	88	55,27	93,75	102	109	35,45	68,00	52,20	0,070	0,100	93,33	84,12	31,22
<u>ZLATNA DOLINA</u>	5440	10,73	78	39,73	83,11	103	124	34,12	78,00	44,40	0,070	0,090	79,67	97,87	37,38

Dodatna tablica 8. BLUP vrijednosti za agronomska svojstva za Poreč u sezoni 2017./2018. pri visokoj opskrbljenosti dušikom (HN)

GENOTIP	YIELD	GPC	PH	HI	NHI	GNV	NTA	NUE	NUPE	NUTE	NUEPROT	NUTEPROT	NREM	BPE	PANU
ANDELKA	7054	12,97	75	58,60	87,55	161	184	30,13	78,00	38,52	0,060	0,070	87,00	64,11	47,43
BC ANICA	6888	12,80	76	53,20	88,12	155	176	29,42	75,00	39,25	0,060	0,070	87,00	82,65	33,95
BC BERNARDA	6386	13,67	84	32,10	73,65	153	210	27,29	90,00	30,82	0,060	0,070	89,00	77,11	90,72
BC CERTISSA	6750	12,93	76	48,63	81,06	153	189	28,83	81,00	35,79	0,060	0,070	80,33	75,12	42,23
BC DARIJA	7012	13,27	77	51,63	87,79	163	186	29,95	79,00	37,72	0,060	0,070	96,00	52,15	38,27
BC IRENA	6434	13,67	86	50,30	85,59	154	182	27,49	78,00	35,76	0,060	0,080	87,33	72,58	20,13
BC IRMA	6640	14,10	80	38,37	81,76	163	200	28,37	86,00	33,35	0,060	0,070	82,33	91,98	14,05
BC LORENA	7298	12,90	75	46,27	85,45	165	194	31,18	83,00	37,78	0,060	0,060	85,67	69,60	68,39
BC LJEPOTICA	6501	13,10	72	45,97	83,93	149	177	27,77	76,00	36,57	0,060	0,080	83,67	82,81	9,77
BC OPSESIJA	7574	13,27	79	57,43	90,49	176	195	32,36	83,00	38,91	0,060	0,070	91,67	65,15	26,86
BC TENA	5818	14,23	94	38,67	83,02	146	177	24,85	75,00	33,27	0,060	0,080	86,67	77,89	79,45
BEZOSTAJA1	5436	14,40	116	36,80	84,14	137	163	23,23	70,00	33,43	0,060	0,090	85,33	99,40	33,25
BOLOGNA	6429	13,47	81	39,27	82,35	152	185	27,47	79,00	34,84	0,060	0,070	89,00	77,16	35,02
CALISOL	7345	13,00	89	46,37	85,72	168	196	31,38	84,00	37,64	0,060	0,070	83,33	85,81	13,96
DROPIA	6472	13,83	85	51,47	88,96	157	177	27,65	76,00	36,66	0,060	0,080	86,33	81,82	46,55
FELIX	7259	13,50	78	51,83	87,35	172	197	31,01	84,00	36,86	0,060	0,070	88,00	73,25	20,32
FICKO	7029	13,80	94	51,87	88,63	170	192	30,03	82,00	36,61	0,060	0,070	92,00	63,62	41,37
FLAMURA 85	6360	13,17	97	49,63	87,23	147	169	27,17	72,00	37,82	0,060	0,080	86,33	83,75	26,77
FORCALI	7029	15,10	85	50,07	85,75	186	217	30,02	92,00	32,37	0,060	0,070	86,33	67,93	98,79
GALLOPER	6749	12,30	103	48,87	86,22	146	169	28,83	72,00	39,98	0,050	0,070	85,33	86,99	28,88
GOLUBICA	6345	14,53	84	35,83	79,80	162	203	27,11	87,00	31,32	0,060	0,070	87,67	73,65	73,38
GRAINDOR	7304	12,73	95	51,97	88,24	163	186	31,20	79,00	39,50	0,050	0,070	89,00	76,02	20,74
ISENGRAIN	8161	12,40	85	43,57	84,50	178	210	34,86	90,00	38,85	0,050	0,060	86,00	80,05	71,41
KATARINA	7327	12,97	72	59,23	87,17	167	191	31,30	82,00	38,33	0,060	0,070	88,00	59,93	35,66
KRALJICA	7154	14,60	75	32,63	77,11	183	237	30,56	101,00	30,18	0,060	0,060	85,33	71,69	42,11
LUKULLUS	6120	14,20	105	44,30	85,93	153	178	26,15	76,00	34,52	0,060	0,080	46,33	85,23	181,38
MIHELCA	6156	13,00	85	52,03	87,79	140	159	26,30	68,00	38,58	0,050	0,080	79,00	84,70	52,66
MV-NADOR	6468	13,53	71	56,70	91,00	153	168	27,63	72,00	38,41	0,060	0,080	94,67	65,67	82,81
MV-NEMERE	7099	12,40	83	43,53	83,29	154	186	30,33	80,00	38,37	0,050	0,070	82,00	93,75	53,76
OS-JELENA	6163	13,33	96	46,80	84,32	144	171	26,33	73,00	36,05	0,060	0,080	92,33	68,32	86,52
OS-OLIMPIJA	6754	15,53	86	44,30	82,43	184	224	28,86	95,00	30,26	0,070	0,070	87,67	56,12	30,21
OS-CRVENKA	6257	14,10	91	53,57	86,31	155	181	26,73	78,00	34,98	0,060	0,080	79,67	75,51	81,22
PRIMA	7935	12,77	83	44,37	86,35	178	207	33,90	88,00	38,60	0,060	0,060	89,33	72,37	44,76
REBEKA	7435	13,60	104	52,30	90,42	177	196	31,76	84,00	37,90	0,060	0,070	87,33	74,52	47,80
RENAN	6472	14,00	87	41,63	80,28	159	201	27,65	86,00	32,74	0,060	0,070	79,67	78,92	20,62
SAN PASTORE	6688	13,80	93	44,63	84,38	162	193	28,58	82,00	34,87	0,060	0,070	89,67	70,87	22,35
SANA	6774	12,47	79	53,20	86,63	148	171	28,94	73,00	39,61	0,050	0,070	91,00	68,56	48,51
SILVIJA	7196	13,80	81	43,13	85,81	174	203	30,74	87,00	35,45	0,060	0,070	87,67	77,45	74,61
SLAVONIJA	7240	13,53	76	47,60	85,46	172	202	30,93	87,00	36,06	0,060	0,060	88,00	73,72	36,18
SOFRU	7379	12,37	76	58,10	90,59	160	177	31,52	76,00	41,77	0,050	0,070	88,00	71,65	63,84
SRPANJKA	6393	13,50	72	48,57	84,38	151	180	27,31	77,00	35,63	0,060	0,080	83,33	75,75	45,08
TIKA-TAKA	7346	13,67	84	54,27	88,37	176	200	31,38	85,00	36,87	0,060	0,070	90,33	64,71	36,73
TOSUNBEY	6494	13,10	100	45,13	84,22	149	177	27,75	76,00	36,73	0,060	0,070	82,00	87,43	8,87
UI	4618	16,40	136	28,50	64,64	133	248	19,73	106,00	22,32	0,070	0,080	73,67	80,17	37,26
VIKTORIA	6745	14,70	77	48,70	77,48	174	233	28,81	99,00	30,10	0,060	0,060	76,67	62,39	84,24

VULKAN	7559	13,10	84	56,57	91,25	174	190	32,29	81,00	39,72	0,060	0,070	91,67	69,57	9,09
WALDINGER	6764	13,30	94	52,33	88,81	158	178	28,90	76,00	38,06	0,060	0,080	86,33	75,74	48,77
<u>ZLATNA DOLINA</u>	6153	12,97	78	46,17	87,19	140	161	26,29	69,00	38,31	0,060	0,080	86,67	82,25	67,41

Dodatna tablica 9. BLUP vrijednosti za agronomska svojstva za Zagreb u sezoni 2016./2017. pri niskoj opskrbljenosti dušikom (LN)

GENOTIP	YIELD	GPC	PH	HI	NHI	GNV	NTA	NUE	NUPE	NUTE	NUEPROT	NUTEPROT	NREM	BPE	PANU
ANDELKA	6649	12,83	81	51,92	86,86	150	173	33,13	86,00	38,60	0,060	0,080	67,67	83,08	88,67
BC ANICA	7165	11,97	84	64,66	92,75	150	162	35,69	81,00	44,19	0,060	0,080	86,33	70,26	64,76
BC BERNARDA	7169	12,00	83	50,50	84,09	151	181	35,72	90,00	39,91	0,060	0,070	78,00	81,56	41,89
BC CERTISSA	6788	11,23	86	52,86	88,74	134	151	33,82	75,00	45,02	0,060	0,070	85,00	98,70	37,24
BC DARIJA	7042	11,90	90	47,06	87,80	147	168	35,08	84,00	42,07	0,060	0,070	81,67	97,09	60,76
BC IRENA	7012	12,03	89	51,21	89,05	148	167	34,93	83,00	42,18	0,060	0,070	82,33	89,80	48,33
BC IRMA	8244	12,27	87	52,90	90,46	178	197	41,08	98,00	42,04	0,060	0,060	89,00	77,88	53,40
BC LORENA	7526	12,27	88	55,87	90,70	162	178	37,50	89,00	42,15	0,060	0,070	91,67	68,14	32,78
BC LJEPOTICA	7373	11,53	79	60,46	90,57	149	164	36,73	82,00	44,78	0,060	0,070	85,67	80,64	30,03
BC OPSESIJA	8204	11,57	84	54,18	89,77	167	185	40,87	92,00	44,23	0,060	0,060	88,00	80,52	35,65
BC TENA	4780	13,67	87	48,74	85,30	115	134	23,82	67,00	35,58	0,070	0,100	58,33	100,07	47,95
BEZOSTAJA1	5159	13,63	86	41,59	85,85	123	143	25,70	71,00	35,90	0,070	0,100	77,33	95,05	37,78
BOLOGNA	5872	12,77	85	46,16	86,64	132	152	29,25	76,00	38,72	0,060	0,090	80,33	90,11	32,42
CALISOL	7729	11,03	91	62,48	92,21	150	163	38,50	81,00	47,69	0,060	0,070	87,33	82,91	30,87
DROPIA	6518	12,90	84	56,44	90,69	147	163	32,48	81,00	40,17	0,060	0,080	80,33	79,48	52,28
FELIX	6675	13,63	78	57,32	90,81	159	175	33,26	87,00	38,06	0,070	0,080	86,00	66,80	62,66
FICKO	5779	13,13	88	46,14	86,77	133	154	28,79	77,00	37,67	0,070	0,090	74,67	95,34	56,68
FLAMURA 85	6740	12,90	90	54,46	88,98	153	171	33,58	85,00	39,32	0,070	0,080	81,67	77,75	43,48
FORCALI	6867	13,17	101	45,77	85,77	159	185	34,21	92,00	37,11	0,070	0,070	83,67	84,49	39,20
GALLOPER	6589	11,17	92	52,32	90,50	130	143	32,83	71,00	46,27	0,060	0,080	81,00	99,31	51,07
GOLUBICA	6218	13,47	89	51,35	88,79	147	166	30,98	83,00	37,66	0,070	0,080	80,67	80,91	51,48
GRAINDOR	7232	11,87	89	55,40	90,08	151	167	36,03	83,00	43,26	0,060	0,070	89,33	76,85	29,41
ISENGRAIN	7014	10,90	88	55,55	93,85	134	143	34,94	71,00	49,09	0,050	0,080	88,00	106,10	40,64
KATARINA	6486	12,20	80	55,60	88,38	139	157	32,31	78,00	41,38	0,060	0,080	85,00	76,93	45,67
KRALJICA	7491	13,83	89	57,55	91,90	182	198	37,32	98,00	37,92	0,070	0,070	83,67	71,86	60,04
LUKULLUS	6287	12,87	90	51,29	91,45	141	155	31,32	77,00	40,65	0,060	0,090	85,67	86,22	69,44
MIHELCA	6226	12,53	93	56,17	90,65	137	151	31,02	75,00	41,23	0,060	0,080	82,33	79,34	47,04
MV-NADOR	7636	11,67	80	59,29	89,85	156	175	38,05	87,00	43,96	0,060	0,070	90,33	71,01	33,53
MV-NEMERE	7637	12,20	90	51,74	88,73	163	184	38,05	92,00	41,46	0,060	0,070	90,00	64,56	51,73
OS-JELENA	6290	11,90	86	51,50	90,74	132	145	31,34	72,00	43,53	0,060	0,080	78,33	93,50	62,08
OS-OLIMPIJA	5593	15,23	87	58,22	92,29	150	162	27,86	81,00	34,62	0,080	0,100	84,33	68,85	54,25
OS-CRVENKA	5715	13,87	85	43,07	84,85	139	164	28,47	82,00	34,92	0,070	0,080	70,00	89,70	64,30
PRIMA	7338	11,33	86	53,31	90,77	145	160	36,56	79,00	45,80	0,060	0,070	87,33	92,94	32,70
REBEKA	5952	12,97	90	56,27	91,21	136	149	29,65	74,00	40,12	0,060	0,090	87,67	79,06	23,14
RENAN	6928	12,50	82	56,85	90,20	152	168	34,52	84,00	41,13	0,060	0,070	84,33	72,45	63,29
SAN PASTORE	6276	12,27	93	49,57	89,95	136	151	31,27	75,00	41,89	0,060	0,090	83,00	96,68	44,00
SANA	6202	11,53	105	43,35	85,25	126	147	30,90	73,00	42,11	0,060	0,080	87,00	88,43	73,16
SILVIJA	7438	12,43	73	49,86	88,61	163	184	37,06	92,00	40,61	0,060	0,070	87,33	84,14	28,58
SLAVONIJA	6201	12,73	82	54,42	88,15	139	157	30,89	78,00	39,41	0,060	0,080	79,67	79,33	43,32
SOFRU	7956	11,33	82	62,71	93,24	158	170	39,63	85,00	46,95	0,060	0,070	93,33	69,62	43,84
SRPANJKA	6650	13,27	62	50,21	88,41	155	176	33,13	88,00	38,03	0,070	0,080	80,00	82,16	54,12
TIKA-TAKA	7402	11,87	86	60,05	92,16	154	167	36,88	83,00	44,32	0,060	0,070	88,00	76,84	35,17
TOSUNBEY	5117	13,13	89	49,95	86,82	118	136	25,50	68,00	37,66	0,060	0,100	69,67	93,93	52,24
UI	5037	14,77	114	36,70	83,88	131	159	25,09	79,00	32,64	0,070	0,100	79,00	99,75	25,82
VIKTORIA	6571	13,87	80	50,14	86,98	160	184	32,74	91,00	35,81	0,070	0,080	82,67	67,04	54,25

VULKAN	6592	12,67	87	49,97	89,24	147	164	32,84	82,00	40,16	0,060	0,080	80,00	91,81	48,78
WALDINGER	7089	11,53	89	60,87	92,42	143	155	35,32	77,00	45,69	0,060	0,080	89,67	77,72	40,25
<u>ZLATNA DOLINA</u>	6171	12,30	85	50,20	87,48	134	153	30,75	76,00	40,58	0,060	0,080	77,33	80,24	47,33

Dodatna tablica 10. BLUP vrijednosti za agronomski svojstva za Zagreb u sezoni 2016./2017. pri visokoj opskrbljenosti dušikom (HN)

GENOTIP	YIELD	GPC	PH	HI	NHI	GNV	NTA	NUE	NUPE	NUTE	NUEPROT	NUTEPROT	NREM	BPE	PANU
ANDELKA	7296	13,77	74	64,55	90,19	176	195	31,08	83,00	37,34	0,060	0,070	89,67	60,59	29,53
BC ANICA	7517	13,27	80	60,97	92,48	175	189	32,02	80,00	39,75	0,060	0,070	88,67	74,44	53,50
BC BERNARDA	7500	13,40	87	53,39	84,18	176	209	31,95	89,00	35,91	0,060	0,070	78,33	70,48	37,91
BC CERTISSA	7182	12,70	81	56,37	88,94	160	180	30,59	77,00	40,12	0,050	0,070	88,00	79,44	48,64
BC DARIJA	8331	13,23	86	56,78	89,36	193	217	35,49	92,00	38,48	0,060	0,060	86,33	70,18	59,64
BC IRENA	7656	13,67	89	53,15	86,27	184	213	32,61	90,00	35,98	0,060	0,060	76,67	71,80	71,94
BC IRMA	8906	13,43	84	53,99	90,02	210	233	37,94	99,00	38,20	0,060	0,060	89,00	71,79	42,57
BC LORENA	8037	13,63	81	62,19	92,24	192	209	34,23	89,00	38,58	0,060	0,070	92,00	64,67	33,66
BC LJEPOTICA	9025	12,77	78	64,34	91,38	202	221	38,44	94,00	40,88	0,050	0,060	90,33	64,47	42,18
BC OPSESIJA	7886	12,57	83	58,69	88,22	174	197	33,59	84,00	40,01	0,050	0,060	90,00	65,42	45,71
BC TENA	4608	15,17	84	53,87	86,68	123	141	19,63	60,00	32,57	0,060	0,110	82,67	72,74	22,77
BEZOSTAJA1	6018	14,83	112	49,00	87,05	157	180	25,63	77,00	33,45	0,060	0,080	86,67	71,72	15,26
BOLOGNA	7036	13,97	89	61,87	91,65	172	188	29,97	80,00	37,40	0,060	0,070	86,00	63,71	48,67
CALISOL	8420	12,17	91	62,69	92,69	180	194	35,87	83,00	43,43	0,050	0,060	91,33	73,85	46,36
DROPIA	7869	14,53	94	59,15	90,58	201	221	33,51	95,00	35,54	0,060	0,070	84,00	61,44	70,76
FELIX	7198	14,57	83	50,13	84,35	184	218	30,66	93,00	33,07	0,060	0,070	78,33	70,54	58,55
FICKO	7702	14,33	87	57,28	88,50	194	219	32,81	93,00	35,22	0,060	0,060	81,33	63,22	69,25
FLAMURA 85	7654	14,10	92	55,47	88,72	189	214	32,60	91,00	35,87	0,060	0,070	87,00	68,51	27,08
FORCALI	7803	15,13	84	52,90	87,81	207	236	33,23	100,00	33,09	0,070	0,060	83,33	62,19	58,84
GALLOPER	7705	12,40	95	62,10	92,60	168	181	32,82	77,00	42,61	0,050	0,070	89,00	72,36	42,25
GOLUBICA	6856	15,53	89	56,87	90,81	187	206	29,20	88,00	33,33	0,070	0,080	89,33	61,50	41,46
GRAINDOR	7758	12,50	92	61,49	92,30	170	185	33,04	79,00	42,09	0,050	0,070	89,33	76,78	57,94
ISENGRAIN	9047	11,87	86	61,10	91,86	188	205	38,54	87,00	44,12	0,050	0,060	89,00	74,24	34,45
KATARINA	7136	13,80	76	63,88	91,45	173	189	30,40	80,00	37,78	0,060	0,070	88,33	67,69	27,43
KRALJICA	7420	14,67	86	54,25	89,12	190	213	31,61	91,00	34,67	0,060	0,070	87,33	70,36	77,62
LUKULLUS	8261	13,83	94	56,40	90,53	200	222	35,19	94,00	37,30	0,060	0,060	85,33	70,11	79,18
MIHELCA	6228	13,70	86	57,60	90,99	150	164	26,53	70,00	37,86	0,060	0,080	88,67	72,71	59,23
MV-NADOR	8200	13,17	82	58,03	89,97	189	210	34,92	90,00	39,03	0,050	0,060	84,67	72,30	47,92
MV-NEMERE	8483	13,83	91	61,75	92,79	206	222	36,13	94,00	38,27	0,060	0,060	91,67	61,37	35,81
OS-JELENA	7744	13,77	97	59,26	93,07	187	201	32,99	85,00	38,54	0,060	0,070	92,67	61,19	38,09
OS-OLIMPIJA	6081	16,77	79	50,64	84,90	179	211	25,90	90,00	28,87	0,070	0,080	75,67	61,02	56,58
OS-CRVENKA	6592	15,37	82	53,29	89,56	178	199	28,08	84,00	33,23	0,070	0,080	86,00	64,59	37,97
PRIMA	7880	13,83	87	53,71	89,68	189	211	33,56	90,00	37,70	0,060	0,070	87,67	68,34	36,43
REBEKA	7410	13,70	97	50,38	86,70	178	206	31,56	88,00	36,04	0,060	0,070	82,67	76,57	33,44
RENAN	8130	13,47	98	53,85	87,62	192	219	34,63	93,00	37,09	0,060	0,060	83,33	72,41	32,91
SAN PASTORE	7016	13,73	100	51,65	88,97	169	190	29,88	81,00	36,94	0,060	0,070	84,67	75,11	23,90
SANA	7199	12,20	81	60,01	89,66	154	172	30,66	73,00	41,91	0,050	0,070	88,33	75,57	36,61
SILVIJA	8119	13,33	83	57,70	89,77	190	212	34,58	91,00	38,42	0,060	0,060	91,00	61,15	35,61
SLAVONIJA	6972	14,00	83	54,77	86,72	171	198	29,70	84,00	35,31	0,060	0,070	80,00	70,93	54,04
SOFRU	9474	12,33	82	60,80	90,29	205	227	40,35	97,00	41,73	0,050	0,050	87,00	69,27	58,71
SRPANJKA	7175	14,30	71	51,14	86,37	180	209	30,56	89,00	34,52	0,060	0,070	87,00	67,57	27,17
TIKA-TAKA	8727	13,17	91	59,30	91,07	202	221	37,18	94,00	39,43	0,060	0,060	90,00	62,32	49,08
TOSUNBEY	6711	13,53	95	49,00	88,04	159	181	28,59	77,00	37,16	0,060	0,080	82,00	84,51	30,49
UI	5593	14,83	142	39,78	83,51	146	174	23,82	74,00	32,32	0,060	0,090	81,33	86,16	41,83
VIKTORIA	7462	15,30	82	47,67	85,68	200	234	31,79	100,00	31,92	0,070	0,070	84,00	68,92	37,39

VULKAN	7298	13,57	81	58,60	92,75	174	188	31,09	80,00	38,97	0,060	0,070	91,00	68,68	41,79
WALDINGER	7356	12,87	83	60,09	91,09	166	182	31,33	78,00	40,35	0,050	0,070	85,00	72,58	52,60
<u>ZLATNA DOLINA</u>	6471	13,53	83	56,94	88,04	154	175	27,56	74,00	37,08	0,060	0,080	84,67	68,55	31,39

Dodatna tablica 11. BLUP vrijednosti za agronomska svojstva za Zagreb u sezoni 2017./2018. pri niskoj opskrbljenosti dušikom (LN)

GENOTIP	YIELD	GPC	PH	HI	NHI	GNV	NTA	NUE	NUPE	NUTE	NUEPROT	NUTEPROT	NREM	BPE	PANU
ANDELKA	6924	10,50	81	49,07	85,63	145	169	31,36	77,00	40,95	0,050	0,060	43,00	128,16	91,42
BC ANICA	7160	12,63	79	45,67	80,05	166	208	32,43	94,00	34,57	0,060	0,060	51,67	97,33	80,33
BC BERNARDA	6525	12,63	85	43,60	85,27	156	183	29,56	83,00	35,73	0,060	0,070	64,00	110,40	64,52
BC CERTISSA	6849	9,63	80	46,83	83,46	135	162	31,02	74,00	43,57	0,040	0,060	65,00	130,41	54,63
BC DARIJA	6969	12,50	82	48,40	82,20	159	194	31,56	88,00	36,02	0,060	0,060	50,00	100,52	82,53
BC IRENA	6034	10,17	85	49,33	88,00	126	143	27,33	65,00	42,48	0,040	0,070	63,67	134,90	49,09
BC IRMA	7760	11,43	85	42,97	80,35	155	193	35,15	87,00	40,77	0,050	0,060	59,00	111,64	69,48
BC LORENA	7226	11,90	79	45,57	83,71	153	183	32,72	83,00	39,73	0,050	0,060	49,67	117,38	92,87
BC LJEPOTICA	6401	10,37	75	46,20	79,11	122	153	28,99	69,00	42,02	0,050	0,070	48,00	117,51	58,89
BC OPSESIJA	6765	11,47	82	50,77	88,33	165	188	30,64	85,00	36,06	0,050	0,060	65,33	114,80	64,15
BC TENA	6680	13,50	94	43,50	83,44	160	192	30,25	87,00	35,30	0,060	0,070	45,00	112,22	102,12
BEZOSTAJA1	5145	13,53	109	38,40	77,77	135	171	23,30	77,00	30,70	0,060	0,080	61,00	102,55	30,00
BOLOGNA	5893	10,03	83	45,77	78,30	113	144	26,69	65,00	41,27	0,050	0,070	55,33	119,43	31,37
CALISOL	6428	9,93	92	40,03	75,53	145	193	29,11	88,00	33,14	0,040	0,050	44,33	116,55	68,22
DROPIA	6575	12,20	97	43,80	80,46	155	193	29,78	87,00	34,11	0,060	0,070	37,33	109,67	106,75
FELIX	7467	11,73	74	44,00	76,02	152	199	33,82	90,00	38,82	0,050	0,060	35,67	104,33	110,63
FICKO	6308	10,87	91	40,73	81,82	135	164	28,57	74,00	39,60	0,050	0,070	58,00	120,67	61,83
FLAMURA 85	6567	11,20	101	48,80	82,36	110	133	29,74	60,00	49,98	0,050	0,090	50,00	143,69	41,95
FORCALI	6569	13,77	84	40,70	82,01	157	192	29,75	87,00	34,67	0,060	0,070	53,33	103,08	86,46
GALLOPER	6041	11,03	103	38,00	72,79	114	156	27,36	71,00	38,89	0,050	0,070	57,00	120,11	27,10
GOLUBICA	6541	12,70	91	43,03	79,93	151	189	29,62	85,00	34,84	0,060	0,070	57,00	99,12	64,77
GRAINDOR	6383	11,40	102	44,00	85,64	155	179	28,91	81,00	35,60	0,050	0,060	53,00	133,90	76,57
ISENGRAIN	7143	10,70	90	46,67	83,89	151	180	32,35	82,00	40,04	0,050	0,060	48,00	126,22	82,05
KATARINA	7890	12,20	72	52,37	85,02	173	204	35,74	92,00	38,84	0,050	0,060	45,00	96,87	111,05
KRALJICA	7313	11,80	82	47,67	82,77	153	184	33,12	83,00	39,71	0,050	0,060	42,67	111,68	92,12
LUKULLUS	6067	12,27	113	38,10	85,17	151	177	27,48	80,00	34,48	0,050	0,070	67,00	125,79	58,32
MIHELCA	6794	11,43	95	45,57	85,13	149	176	30,77	79,00	38,67	0,050	0,070	58,67	125,71	62,50
MV-NADOR	7229	10,67	73	48,40	81,91	131	159	32,74	72,00	45,60	0,050	0,070	53,00	125,46	51,16
MV-NEMERE	7753	10,60	82	47,00	80,18	150	187	35,11	85,00	41,70	0,050	0,060	47,67	114,63	82,87
OS-JELENA	6495	12,33	92	42,37	84,11	167	198	29,42	90,00	33,15	0,050	0,060	45,67	116,80	106,13
OS-OLIMPIJA	5613	12,67	98	47,07	83,42	141	170	25,42	77,00	33,07	0,060	0,070	53,67	107,11	57,66
OS-CRVENKA	7613	13,17	95	39,60	76,23	142	188	34,48	85,00	40,69	0,060	0,070	60,00	101,89	59,30
PRIMA	7796	11,10	94	47,47	84,51	168	199	35,31	90,00	39,62	0,050	0,060	64,33	114,46	58,33
REBEKA	6785	11,40	113	44,63	81,06	148	183	30,73	83,00	37,15	0,050	0,060	53,33	118,26	57,35
RENAN	6674	11,37	95	38,17	72,65	131	182	30,23	82,00	36,82	0,050	0,060	41,67	110,57	65,90
SAN PASTORE	5406	11,97	106	40,83	81,30	141	175	24,49	79,00	31,32	0,050	0,070	50,00	115,98	66,67
SANA	6963	10,57	82	50,37	78,87	134	171	31,54	78,00	41,36	0,050	0,060	45,67	106,34	70,90
SILVIJA	7146	11,43	83	45,00	77,60	156	200	32,37	91,00	35,82	0,050	0,060	31,33	104,88	111,65
SLAVONIJA	6933	11,53	78	47,83	82,34	137	166	31,40	75,00	41,79	0,050	0,070	63,33	103,22	51,29
SOFRU	6702	10,30	83	45,13	79,49	135	170	30,36	77,00	39,78	0,050	0,060	47,33	120,77	55,95
SRPANJKA	7367	11,60	69	46,47	81,57	148	181	33,37	82,00	41,40	0,050	0,060	67,00	110,07	30,64
TIKA-TAKA	7328	11,30	86	48,10	84,50	156	184	33,19	83,00	40,14	0,050	0,060	63,33	118,46	47,32
TOSUNBEY	4746	12,30	108	43,43	80,71	123	151	21,49	68,00	33,05	0,050	0,090	41,33	115,90	64,11
UI	3761	14,13	133	24,77	64,82	86	136	17,03	61,00	28,49	0,060	0,110	47,67	125,31	29,76
VIKTORIA	7001	11,53	84	46,00	79,61	131	164	31,71	74,00	43,97	0,050	0,070	63,00	111,54	38,05

VULKAN	7240	12,50	96	42,77	83,65	175	212	32,79	96,00	35,44	0,060	0,060	50,00	113,29	110,22
WALDINGER	4729	12,57	105	42,47	87,21	155	179	21,42	81,00	26,52	0,060	0,070	55,33	109,70	78,59
<u>ZLATNA DOLINA</u>	6087	11,23	83	47,87	81,55	126	156	27,57	71,00	39,81	0,050	0,070	38,67	115,06	80,87

Dodatna tablica 12. BLUP vrijednosti za agronomska svojstva za Zagreb u sezoni 2017./2018. pri visokoj opskrbljenosti dušikom (HN)

GENOTIP	YIELD	GPC	PH	HI	NHI	GNY	NTA	NUE	NUPE	NUTE	NUEPROT	NUTEPROT	NREM	BPE	PANU
ANDELKA	7849	11,60	75	52,00	78,75	141	179	31,47	72,00	44,19	0,050	0,060	58,33	100,30	29,46
BC ANICA	7501	13,13	79	51,00	78,44	164	210	30,07	84,00	35,91	0,050	0,060	29,67	93,19	111,97
BC BERNARDA	7017	13,20	86	41,20	73,14	151	209	28,13	84,00	33,89	0,050	0,060	36,67	105,65	86,82
BC CERTISSA	7950	10,73	79	43,63	73,14	128	176	31,87	70,00	45,34	0,040	0,060	54,00	112,97	40,30
BC DARIJA	7251	12,80	81	47,57	75,43	155	206	29,07	83,00	35,45	0,050	0,060	35,67	93,91	85,80
BC IRENA	7072	13,03	90	47,30	73,41	138	189	28,35	76,00	37,73	0,050	0,070	42,00	99,89	48,06
BC IRMA	7712	13,40	86	42,63	73,82	182	248	30,92	99,00	31,42	0,060	0,050	34,67	91,47	146,28
BC LORENA	7326	12,90	90	46,77	73,63	164	221	29,37	89,00	33,79	0,050	0,060	33,00	89,69	110,19
BC LJEPOTICA	6669	12,97	72	45,93	74,40	145	196	26,74	79,00	34,85	0,050	0,070	38,67	94,32	61,44
BC OPSESIJA	8195	12,67	85	44,27	65,62	149	229	32,85	92,00	36,34	0,050	0,060	26,33	90,99	89,47
BC TENA	6703	14,13	93	42,47	78,61	166	211	26,87	85,00	31,90	0,060	0,070	36,33	102,13	101,34
BEZOSTAJA1	5579	12,57	106	39,70	69,32	113	163	22,36	65,00	34,37	0,050	0,080	40,67	109,78	33,56
BOLOGNA	6417	10,50	83	41,90	64,91	108	170	25,72	68,00	38,07	0,040	0,060	47,67	107,26	69,96
CALISOL	8328	11,00	92	41,33	61,28	122	199	33,39	80,00	41,97	0,040	0,060	28,33	105,62	65,09
DROPIA	7236	12,43	88	46,07	77,76	144	186	29,01	74,00	39,78	0,050	0,070	48,00	111,01	55,72
FELIX	7337	12,13	76	50,33	78,80	158	202	29,42	81,00	36,42	0,050	0,060	28,33	97,85	113,27
FICKO	7061	12,00	89	43,13	70,42	133	188	28,31	75,00	39,13	0,050	0,070	33,00	106,24	78,53
FLAMURA 85	5675	13,07	94	50,40	85,25	150	176	22,75	70,00	32,37	0,050	0,080	50,33	104,77	61,60
FORCALI	6500	14,23	83	43,67	81,15	164	202	26,06	81,00	32,33	0,060	0,070	56,67	99,44	61,28
GALLOPER	5935	12,50	103	44,60	76,17	133	173	23,80	69,00	34,52	0,050	0,070	30,00	112,70	79,02
GOLUBICA	6765	15,47	92	41,47	73,16	178	243	27,12	98,00	27,99	0,060	0,070	48,00	82,10	60,11
GRAINDOR	7649	12,50	97	40,80	66,73	143	210	30,67	84,00	36,60	0,050	0,060	44,33	99,32	59,42
ISENGRAIN	8036	10,23	86	42,77	64,87	129	203	32,22	81,00	40,86	0,040	0,050	36,33	108,04	80,78
KATARINA	8119	12,60	73	47,93	74,58	174	233	32,55	94,00	35,33	0,050	0,050	32,33	92,33	106,06
KRALJICA	7397	12,67	90	43,50	75,23	164	217	29,65	87,00	34,82	0,050	0,060	41,00	96,35	95,08
LUKULLUS	6969	14,00	111	35,87	71,02	149	212	27,94	85,00	33,25	0,050	0,070	41,33	118,50	59,45
MIHELCA	7432	12,93	93	51,00	79,50	152	191	29,79	77,00	39,18	0,050	0,070	49,00	101,33	57,71
MV-NADOR	6989	12,43	80	40,10	72,52	157	216	28,02	86,00	32,44	0,050	0,060	38,33	97,68	91,06
MV-NEMERE	8103	11,33	82	54,37	81,45	154	189	32,48	76,00	43,43	0,040	0,060	51,33	104,35	59,82
OS-JELENA	6379	12,53	88	42,40	76,70	168	218	25,57	88,00	30,05	0,050	0,060	35,67	99,87	104,81
OS-OLIMPIJA	6144	12,27	91	42,20	72,51	140	193	24,63	77,00	31,82	0,050	0,060	33,00	96,03	84,10
OS-CRVENKA	7730	14,70	95	43,83	74,17	144	194	30,99	78,00	40,02	0,060	0,080	50,67	99,06	58,18
PRIMA	8612	10,33	88	44,00	75,27	140	185	34,53	74,00	47,23	0,040	0,050	53,00	122,94	53,22
REBEKA	7429	10,90	92	47,27	76,73	129	169	29,78	68,00	44,58	0,050	0,070	36,67	126,71	74,40
RENAN	6582	12,97	87	39,23	72,50	152	210	26,39	85,00	31,54	0,050	0,060	41,67	103,11	63,98
SAN PASTORE	6752	14,53	108	40,27	70,90	137	211	27,07	85,00	36,79	0,060	0,070	41,33	109,77	66,10
SANA	7242	12,17	77	48,60	73,34	148	203	29,03	81,00	35,92	0,050	0,060	28,33	91,86	101,22
SILVIJA	7774	11,70	81	52,97	80,74	146	181	31,17	73,00	43,15	0,050	0,060	39,33	106,98	86,97
SLAVONIJA	6759	12,53	76	46,73	76,86	153	200	27,10	80,00	33,81	0,050	0,060	52,00	94,98	53,55
SOFRU	7457	11,37	84	45,73	73,14	133	183	29,90	73,00	40,96	0,050	0,060	53,00	106,99	35,66
SRPANJKA	7219	13,07	79	45,43	78,98	169	214	28,94	86,00	33,79	0,050	0,060	49,00	93,61	79,72
TIKA-TAKA	7882	10,80	96	45,17	71,44	138	193	31,60	78,00	40,94	0,040	0,060	47,33	108,28	38,66
TOSUNBEY	5643	12,53	107	43,97	68,06	104	148	22,62	60,00	40,26	0,050	0,090	27,33	109,03	54,51
UI	3472	14,90	130	17,70	42,89	98	230	13,92	92,00	15,12	0,060	0,070	23,67	89,12	53,64
VIKTORIA	6446	13,83	85	45,97	76,93	170	222	25,84	89,00	30,20	0,060	0,060	34,00	87,92	104,29

VULKAN	7955	11,60	88	42,77	72,86	147	203	31,89	81,00	39,32	0,050	0,060	35,33	106,40	95,13
WALDINGER	7027	12,97	93	40,00	60,52	107	178	28,17	71,00	39,66	0,050	0,070	31,00	108,66	88,90
<u>ZLATNA DOLINA</u>	6397	13,10	87	44,37	70,64	140	200	25,65	80,00	32,59	0,050	0,070	16,33	91,00	113,62

Dodatna tablica 13. Prikaz vrijednosti agronomskih svojstava (i standardne devijacije) kroz šest okolina pri LN

Svojstvo	LN					
	2017			2018		
	OSIJEK	POREČ	ZAGREB	OSIJEK	POREČ	ZAGREB
GY	7241 ± 955	4344,2 ± 666,2	6679,7 ± 12,0	5236,9 ± 780,8	5762,3 ± 550,3	6620,4 ± 844,2
PH	87,0 ± 14,0	87,1 ± 13,3	86,7 ± 7,5	74,0 ± 9,3	84,9 ± 12,1	90,1 ± 12,7
GPC	11,2 ± 0,9	9,2 ± 0,7	12,5 ± 1,0	11,5 ± 0,8	10,9 ± 0,8	11,7 ± 1,0
GNY	141,9 ± 16,6	70,2 ± 9,5	145,9 ± 14,1	105,0 ± 13,2	110,1 ± 8,3	144,2 ± 17,8
NTA	173,3 ± 19,3	89,6 ± 12,2	163,7 ± 14,9	128,0 ± 16,0	128,0 ± 11,3	177,4 ± 18,7
HI	44,4 ± 3,5	37,4 ± 4,0	52,8 ± 5,7	52,2 ± 5,7	44,7 ± 7,5	44,5 ± 4,6
NHI	82,0 ± 2,6	78,2 ± 4,1	89,2 ± 2,5	82,5 ± 4,6	86,4 ± 4,4	81,3 ± 4,3
NUE	32,2 ± 4,2	35,6 ± 5,5	33,3 ± 4,0	31,2 ± 4,7	36,1 ± 3,5	30,0 ± 3,8
NU_{PE}	0,77 ± 0,09	0,73 ± 0,10	0,81 ± 0,07	0,76 ± 0,10	0,80 ± 0,07	0,80 ± 0,08
NU_{tE}	42,1 ± 3,7	48,7 ± 4,9	40,9 ± 3,7	41,2 ± 4,1	45,5 ± 4,2	37,9 ± 4,5
NU_{tE}_PROT	0,07 ± 0,03	0,11 ± 0,06	0,08 ± 0,01	0,09 ± 0,02	0,09 ± 0,01	0,07 ± 0,01
NUE_PROT	0,05 ± 0,00	0,08 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,05 ± 0,01
NRE	57,8 ± 11,0	48,7 ± 12,5	82,7 ± 6,6	64,1 ± 13,3	85,7 ± 7,8	52,3 ± 9,0
BPE	96,3 ± 10,7	152,1 ± 18,1	83,3 ± 10,5	81,2 ± 8,2	99,5 ± 21,6	114,9 ± 10,3
PANU	93,2 ± 21,0	42,3 ± 13,0	47,2 ± 13,6	65,3 ± 51,5	40,7 ± 48,1	68,7 ± 23,5

Dodatna tablica 14. Prikaz vrijednosti agronomskih svojstava (i standardne devijacije) kroz šest okolina pri HN

Svojstvo	HN					
	2017			2018		
	OSIJEK	POREČ	ZAGREB	OSIJEK	POREČ	ZAGREB
GY	7502,4 ± 1128,9	4618,1 ± 772,6	7503,1 ± 918,3	6474,5 ± 964,8	6770,0 ± 628,0	7076,5 ± 899,1
PH	89,5 ± 13,9	87,4 ± 14,4	87,7 ± 10,9	75,8 ± 9,2	86,1 ± 12,4	88,8 ± 10,9
GPC	13,0 ± 0,9	11,5 ± 0,9	13,8 ± 1,0	13,5 ± 1,1	13,5 ± 0,8	12,6 ± 1,2
GNY	170,8 ± 23,8	93,0 ± 13,8	180,0 ± 18,1	151,9 ± 18,4	160,3 ± 13,2	145,3 ± 19,3
NTA	208,2 ± 27,3	114,2 ± 16,8	201,7 ± 20,0	182,4 ± 21,5	190,6 ± 19,4	199,6 ± 20,8
HI	46,3 ± 4,4	39,7 ± 4,4	56,4 ± 5,1	53,0 ± 5,9	47,4 ± 7,2	44,2 ± 5,5
NHI	82,4 ± 4,2	81,3 ± 4,2	89,3 ± 2,5	83,6 ± 4,3	85,0 ± 4,7	73,1 ± 6,8
NUE	28,6 ± 4,3	29,3 ± 4,9	32,0 ± 3,9	28,7 ± 4,3	28,9 ± 2,7	28,4 ± 3,6
NU_{PE}	0,79 ± 0,10	0,72 ± 0,11	0,86 ± 0,09	0,81 ± 0,10	0,81 ± 0,08	0,80 ± 0,08
NU_{tE}	36,2 ± 3,2	40,5 ± 4,4	37,3 ± 3,3	35,7 ± 3,9	36,0 ± 3,5	36,3 ± 5,5
NU_{tE}_PROT	0,06 ± 0,01	0,11 ± 0,02	0,07 ± 0,01	0,08 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,06 ± 0,01
NUE_PROT	0,05 ± 0,00	0,07 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,06 ± 0,00	0,05 ± 0,01
NRE	68,0 ± 8,5	61,7 ± 10,0	86,2 ± 4,1	72,1 ± 10,0	85,6 ± 7,3	39,6 ± 9,6
BPE	85,0 ± 9,2	125,9 ± 12,5	69,5 ± 6,0	67,6 ± 6,0	75,2 ± 9,6	101,7 ± 9,2
PANU	74,7 ± 29,2	43,0 ± 14,2	44,6 ± 14,8	71,4 ± 25,4	48,4 ± 30,8	75,2 ± 25,2

Dodatna tablica 15. Korelacijska analiza agronomskih svojstava pri LN i HN na lokaciji Osijek u sezoni 2016./2017. (gornji desni trokut) i u sezoni 2017./2018. (donji lijevi trokut)

	N razina	GY	PH	GPC	GNY	NTA	HI	NHI	NUE	NUpE	NUtE	NUtE_ PROT	NUE_ PROT	NRE	BPE	PANU
GY	LN		-0.44**	-0.51**	0.79**	0.76**	0.62**	0.27	1.00**	0.77**	0.56**	-0.56**	-0.40**	-0.09	-0.43**	0.60**
	HN		-0.53**	-0.39**	0.90**	0.77**	0.54**	0.35*	1.00**	0.77**	0.47**	-0.89**	-0.48**	0.02	-0.46**	0.67**
PH	LN	-0.61**		0.29*	-0.34*	-0.22	-0.74**	-0.58**	-0.44**	-0.22	-0.44**	0.06	0.16	-0.16	0.28	-0.27
	HN	-0.64**		0.24	-0.48**	-0.30*	-0.77**	-0.36*	-0.53**	-0.30*	-0.34*	0.31*	0.37**	0.03	0.71**	-0.50**
GPC	LN	-0.63**	0.41**		0.11	0.12	-0.37*	-0.09	-0.51**	0.11	-0.93**	0.07	0.76**	0.08	-0.34*	-0.12
	HN	-0.66**	0.48**		0.05	0.15	-0.46**	-0.16	-0.39**	0.15	-0.85**	0.33*	0.74**	0.16	-0.30*	-0.06
GNY	LN	0.88**	-0.57**	-0.19		0.97**	0.48**	0.29*	0.79**	0.97**	0.00	-0.57**	0.08	-0.03	-0.74**	0.61**
	HN	0.86**	-0.57**	-0.18		0.90**	0.39**	0.34*	0.90**	0.90**	0.12	-0.80**	-0.17	0.10	-0.64**	0.70**
NTA	LN	0.74**	-0.39**	-0.05	0.90**		0.32*	0.04	0.76**	1.00**	-0.10	-0.59**	0.05	-0.15	-0.72**	0.64**
	HN	0.71**	-0.37**	-0.02	0.91**		0.04	-0.11	0.77**	1.00**	-0.19	-0.82**	-0.05	-0.09	-0.60**	0.67**
HI	LN	0.63**	-0.76**	-0.57**	0.48**	0.17		0.71**	0.62**	0.33*	0.57**	-0.19	-0.30*	0.12	-0.33*	0.30*
	HN	0.68**	-0.79**	-0.57**	0.52**	0.19		0.74**	0.54**	0.04	0.73**	-0.26	-0.56**	0.13	-0.38**	0.33*
NHI	LN	0.33*	-0.46**	-0.28	0.28	-0.17	0.69**		0.27	0.03	0.43**	-0.02	0.08	0.43**	-0.18	0.05
	HN	0.44**	-0.50**	-0.42**	0.31*	-0.12	0.79**		0.35*	-0.11	0.66**	-0.03	-0.25	0.50**	-0.11	0.10
NUE	LN	1.00**	-0.61**	-0.63**	0.88**	0.74**	0.63**	0.33*		0.77**	0.56**	-0.56**	-0.40**	-0.09	-0.43**	0.60**
	HN	1.00**	-0.64**	-0.66**	0.86**	0.71**	0.68**	0.44**		0.77**	0.47**	-0.89**	-0.48**	0.02	-0.46**	0.67**
NUpE	LN	0.74**	-0.38**	-0.05	0.89**	1.00**	0.16	-0.18	0.74**		-0.10	-0.59**	0.04	-0.15	-0.72**	0.64**
	HN	0.71**	-0.37**	-0.03	0.91**	1.00**	0.19	-0.12	0.71**		-0.19	-0.82**	-0.05	-0.09	-0.60**	0.67**
NUtE	LN	0.60**	-0.47**	-0.87**	0.24	-0.09	0.74**	0.71**	0.60**	-0.10		-0.08	-0.66**	0.08	0.26	0.12
	HN	0.66**	-0.52**	-0.91**	0.25	-0.06	0.74**	0.74**	0.66**	-0.06		-0.25	-0.70**	0.16	0.20	0.08
NUtE_PROT	LN	-0.93**	0.58**	0.55**	-0.85**	-0.83**	-0.48**	-0.09	-0.93**	-0.82**	-0.41**		0.11	0.21	0.73**	-0.21
	HN	-0.89**	0.46**	0.53**	-0.80**	-0.81**	-0.38**	-0.07	-0.89**	-0.81**	-0.41**		0.40**	0.09	0.37*	-0.57**
NUE_PROT	LN	-0.56**	0.58**	0.87**	-0.17	-0.04	-0.54**	-0.24	-0.56**	-0.03	-0.76**	0.49**		0.13	-0.20	-0.13
	HN	-0.45**	0.46**	0.84**	0.00	0.13	-0.42**	-0.34*	-0.45**	0.13	-0.77**	0.30*		0.10	-0.09	-0.19
NRE	LN	0.03	-0.23	-0.21	-0.07	-0.34*	0.36*	0.56**	0.03	-0.35*	0.47**	0.12	-0.17		-0.02	-0.59**
	HN	0.18	-0.23	-0.40**	-0.04	-0.32*	0.43**	0.66**	0.18	-0.33*	0.60**	0.07	-0.35*		-0.09	-0.50**
BPE	LN	-0.36*	0.62**	-0.16	-0.58**	-0.60**	-0.38**	0.00	-0.36*	-0.60**	0.17	0.44**	-0.15	-0.02		-0.27
	HN	-0.34*	0.51**	-0.25	-0.65**	-0.64**	-0.35*	-0.03	-0.34*	-0.63**	0.21	0.36*	-0.42**	0.11		-0.50**
PANU	LN	0.30*	-0.06	0.05	0.41**	0.52**	-0.07	-0.23	0.30*	0.52**	-0.17	-0.36*	0.15	-0.33*	-0.10	
	HN	0.34*	-0.12	0.21	0.59**	0.69**	0.00	-0.18	0.34*	0.69**	-0.26	-0.45**	0.22	-0.72**	-0.38**	

***, ** i * - značajnost pri razini vjerojatnosti $p < 0,001$, $p < 0,01$, $p < 0,05$

Dodatna tablica 16. Korelacijska analiza agronomskih svojstava pri LN i HN na lokaciji Poreč u sezoni 2016./2017. (gornji desni trokut) i u sezoni 2017./2018. (donji lijevi trokut)

	N razina	GY	PH	GPC	GNV	NTA	HI	NHI	NUE	NUpE	NUtE	NUtE_ PROT	NUE_ PROT	NRE	BPE	PANU
GY	LN		-0.14	-0.49**	0.86**	0.79**	0.27	0.15	1.00**	0.79**	0.46**	-0.50**	-0.39**	0.23	-0.31*	0.32*
	HN		-0.17	-0.49**	0.89**	0.79**	0.61**	0.44**	1.00**	0.80**	0.55**	-0.88**	-0.57**	-0.12	-0.30*	0.47**
PH	LN	-0.35*		0.16	-0.09	0.04	-0.65**	-0.36*	-0.14	0.04	-0.30*	-0.11	0.18	0.08	0.31*	-0.24
	HN	-0.54**		0.31*	-0.05	0.08	-0.56**	-0.37*	-0.17	0.07	-0.38**	0.09	0.32*	-0.13	0.29*	-0.09
GPC	LN	-0.59**	0.40**		0.02	0.03	-0.51**	-0.06	-0.49**	0.02	-0.84**	0.10	0.88**	-0.07	-0.19	0.01
	HN	-0.53**	0.41**		-0.06	0.06	-0.61**	-0.45**	-0.49**	0.06	-0.90**	0.36*	0.88**	-0.18	-0.35*	-0.04
GNV	LN	0.71**	-0.14	0.14		0.93**	0.02	0.13	0.86**	0.93**	0.03	-0.50**	0.05	0.22	-0.47**	0.39**
	HN	0.79**	-0.38**	0.10		0.95**	0.39**	0.29*	0.89**	0.95**	0.16	-0.85**	-0.21	-0.23	-0.52**	0.49**
NTA	LN	0.44**	-0.07	0.25	0.77**		-0.21	-0.25	0.79**	1.00**	-0.18	-0.55**	0.01	0.09	-0.59**	0.39**
	HN	0.16	0.07	0.60**	0.58**		0.17	-0.02	0.79**	1.00**	-0.06	-0.81**	-0.10	-0.39**	-0.59**	0.48**
HI	LN	0.36*	-0.27	-0.33*	0.17	-0.43**		0.61**	0.27	-0.20	0.73**	0.15	-0.4**	-0.05	0.11	0.16
	HN	0.47**	-0.39**	-0.51**	0.21	-0.44**		0.77**	0.61**	0.17	0.78**	-0.40**	-0.62**	0.14	-0.10	0.27
NHI	LN	0.26	-0.08	-0.21	0.15	-0.51**	0.92**		0.15	-0.24	0.59**	0.20	0.09	0.37*	0.38**	-0.05
	HN	0.52**	-0.34*	-0.60**	0.22	-0.63**	0.82**		0.44**	-0.02	0.78**	-0.27	-0.41**	0.44**	0.24	0.11
NUE	LN	1.00**	-0.35*	-0.59**	0.71**	0.44**	0.36*	0.26		0.79**	0.46**	-0.50**	-0.39**	0.23	-0.31*	0.32*
	HN	1.00**	-0.54**	-0.53**	0.79**	0.16	0.47**	0.52**		0.80**	0.55**	-0.88**	-0.57**	-0.12	-0.30*	0.47**
NUpE	LN	0.44**	-0.07	0.25	0.76**	1.00**	-0.44**	-0.51**	0.44**		-0.17	-0.56**	0.01	0.09	-0.59**	0.39**
	HN	0.16	0.07	0.60**	0.58**	1.00**	-0.45**	-0.64**	0.16		-0.06	-0.81**	-0.10	-0.39**	-0.59**	0.48**
NUtE	LN	0.58**	-0.31*	-0.84**	-0.02	-0.46**	0.73**	0.69**	0.58**	-0.46**		0.02	-0.66**	0.26	0.37*	-0.07
	HN	0.59**	-0.39**	-0.91**	0.04	-0.68**	0.74**	0.87**	0.59**	-0.68**		-0.36*	-0.80**	0.33*	0.37**	0.12
NUtE_PROT	LN	-0.74**	0.23	0.34*	-0.61**	-0.74**	0.17	0.31*	-0.73**	-0.75**	-0.08		0.05	-0.04	0.65**	-0.22
	HN	-0.73**	0.41**	0.18	-0.71**	-0.57**	0.01	0.07	-0.75**	-0.57**	-0.07		0.41**	0.29*	0.33*	-0.37*
NUE_PROT	LN	-0.50**	0.44**	0.84**	0.11	0.17	-0.27	-0.11	-0.50**	0.17	-0.67**	0.29*		0.06	-0.12	-0.06
	HN	-0.35*	0.19	0.72**	0.11	0.43**	-0.29*	-0.37**	-0.35*	0.43**	-0.63**	0.15		-0.15	-0.13	-0.14
NRE	LN	0.37*	-0.40**	-0.38**	0.14	-0.09	0.43**	0.33*	0.37*	-0.08	0.44**	-0.17	-0.36*		0.16	-0.61**
	HN	0.37*	-0.36*	-0.28	0.24	-0.08	0.27	0.32*	0.37*	-0.09	0.33*	-0.19	-0.08		0.26	-0.56**
BPE	LN	0.06	0.12	-0.06	-0.04	0.12	0.43**	-0.26	0.06	0.12	-0.04	-0.07	-0.04	-0.14		-0.34*
	HN	-0.36*	0.39**	-0.13	-0.52**	-0.31*	0.27	-0.16	-0.36*	-0.30*	-0.01	0.36*	-0.26	-0.42**		-0.21
PANU	LN	0.18	0.02	-0.08	0.14	0.03	0.10	0.14	0.18	0.03	0.13	-0.09	-0.14	-0.01	-0.02	
	HN	-0.17	0.05	0.19	-0.05	0.00	-0.10	-0.07	-0.17	0.00	-0.16	0.10	-0.05	-0.49**	-0.06	

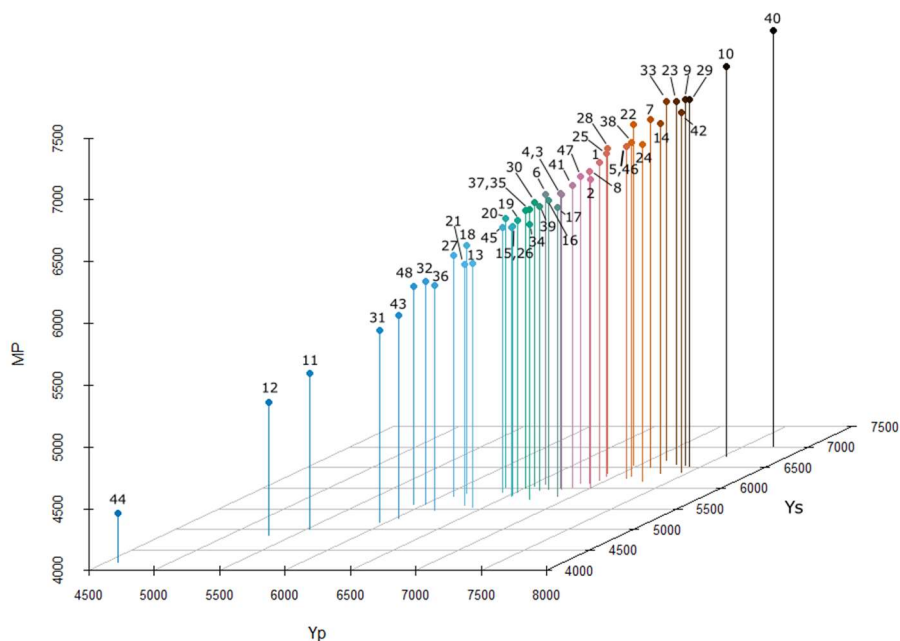
***, ** i * - značajnost pri razini vjerojatnosti $p < 0,001$, $p < 0,01$, $p < 0,05$

Dodatna tablica 17. Korelacijska analiza agronomskih svojstava pri LN i HN na lokaciji Zagreb u sezoni 2016./2017. (gornji desni trokut) i u sezoni 2017./2018. (donji lijevi trokut)

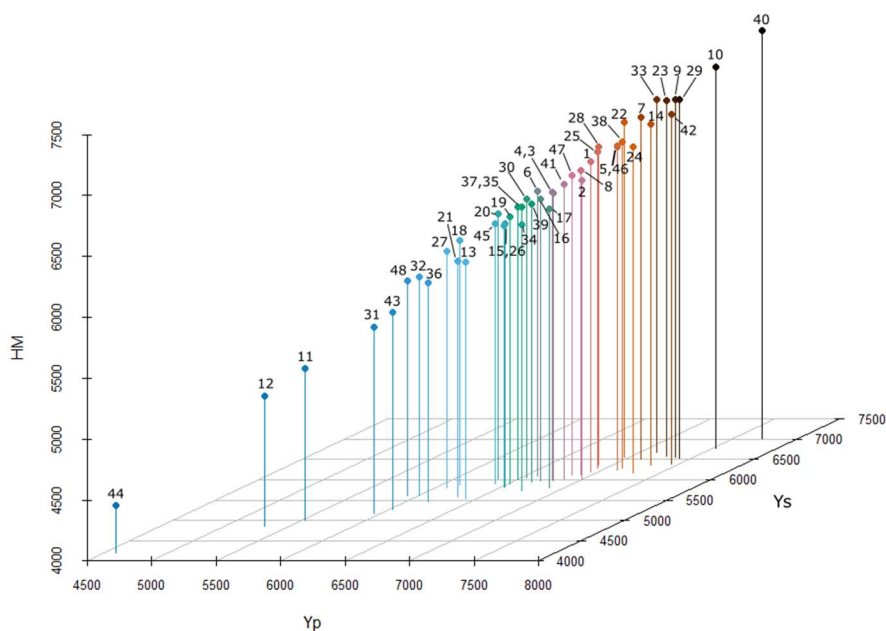
	N razina	GY	PH	GPC	GNV	NTA	HI	NHI	NUE	NUpE	NUtE	NUtE_ PROT	NUE_ PROT	NRE	BPE	PANU
GY	LN		-0.26	-0.63**	0.79**	0.68**	0.58**	0.52**	1.00**	0.68**	0.67**	-0.92**	-0.44**	0.72**	-0.46**	-0.15
	HN		-0.24	-0.59**	0.82**	0.71**	0.50**	0.47**	1.00**	0.70**	0.62**	-0.92**	-0.38**	0.40**	-0.24	0.26
PH	LN	-0.70**		0.08	-0.29*	-0.24	-0.38**	-0.20	-0.26	-0.25	-0.10	0.23	0.04	0.01	0.32*	-0.08
	HN	-0.58**		0.11	-0.23	-0.18	-0.51**	-0.23	-0.25	-0.18	-0.16	0.25	0.03	-0.15	0.44**	-0.08
GPC	LN	-0.30*	0.42**		-0.03	0.09	-0.41**	-0.39**	-0.63**	0.09	-0.95**	0.61**	0.83**	-0.47**	-0.12	0.21
	HN	-0.49**	0.37*		-0.02	0.12	-0.58**	-0.50**	-0.59**	0.12	-0.96**	0.52**	0.87**	-0.47**	-0.32*	0.02
GNV	LN	0.57**	-0.31*	0.21		0.95**	0.42**	0.36*	0.79**	0.95**	0.12	-0.72**	0.07	0.55**	-0.68**	0.01
	HN	0.33*	-0.49**	0.33*		0.96**	0.21	0.23	0.82**	0.96**	0.08	-0.78**	0.16	0.17	-0.53**	0.35*
NTA	LN	0.57**	-0.25	0.29*	0.92**		0.18	0.07	0.68**	1.00**	-0.07	-0.67**	0.17	0.39**	-0.62**	0.03
	HN	0.08	-0.07	0.51**	0.67**		-0.02	-0.05	0.71**	1.00**	-0.12	-0.71**	0.27	-0.06	-0.47**	0.34*
HI	LN	0.58**	-0.72**	-0.48**	0.35*	0.12		0.84**	0.58**	0.18	0.60**	-0.40**	-0.29*	0.51**	-0.59**	-0.10
	HN	0.56**	-0.69**	-0.35*	0.40**	-0.28		0.83**	0.50**	-0.02	0.72**	-0.41**	-0.49**	0.63**	-0.40**	0.09
NHI	LN	0.27	-0.30*	-0.14	0.57**	0.20	0.67**		0.52**	0.07	0.65**	-0.30*	-0.33*	0.63**	-0.34*	-0.09
	HN	0.33*	-0.55**	-0.04	0.65**	-0.12	0.81**		0.47**	-0.05	0.71**	-0.33*	-0.36*	0.81**	-0.25	0.05
NUE	LN	1.00**	-0.70**	-0.30*	0.57**	0.57**	0.58**	0.27		0.68**	0.67**	-0.92**	-0.44**	0.72**	-0.46**	-0.15
	HN	1.00**	-0.58**	-0.49**	0.33*	0.08	0.56**	0.33*		0.71**	0.62**	-0.92**	-0.38**	0.40**	-0.24	0.26
NUpE	LN	0.57**	-0.25	0.28	0.92**	1.00**	0.12	0.21	0.57**		-0.08	-0.67**	0.17	0.38**	-0.62**	0.03
	HN	0.08	-0.07	0.51**	0.67**	1.00**	-0.27	-0.11	0.08		-0.12	-0.71**	0.26	-0.06	-0.47**	0.34*
NUtE	LN	0.60**	-0.57**	-0.63**	-0.22	-0.31*	0.57**	0.14	0.60**	-0.31*		-0.58**	-0.77**	0.60**	0.02	-0.23
	HN	0.74**	-0.36*	-0.71**	-0.22	-0.60**	0.59**	0.30*	0.74**	-0.59**		-0.51**	-0.83**	0.62**	0.19	0.01
NUtE_PROT	LN	-0.71**	0.59**	0.44**	-0.68**	-0.66**	-0.51**	-0.36*	-0.71**	-0.68**	-0.18		0.41**	-0.56**	0.36*	0.10
	HN	-0.57**	0.54**	0.44**	-0.39**	-0.46**	-0.15	-0.04	-0.57**	-0.46**	-0.13		0.32*	-0.24	0.26	-0.36*
NUE_PROT	LN	-0.20	0.27	0.83**	0.20	0.28	-0.32*	-0.12	-0.20	0.27	-0.51**	0.33*		-0.34*	-0.15	0.15
	HN	-0.43**	0.27	0.87**	0.34*	0.45**	-0.27	0.03	-0.43**	0.45**	-0.61**	0.35*		-0.33*	-0.38**	-0.03
NRE	LN	0.02	0.03	-0.01	0.01	-0.15	0.02	0.32*	0.02	-0.16	0.16	0.04	-0.04		-0.47**	-0.36*
	HN	0.26	-0.20	-0.13	0.13	-0.23	0.26	0.44**	0.26	-0.23	0.35*	-0.03	-0.13		-0.23	-0.25
BPE	LN	-0.21	0.27	-0.49**	-0.43**	-0.60**	-0.01	0.18	-0.21	-0.60**	0.36*	0.22	-0.53**	0.13		-0.07
	HN	0.17	0.25	-0.52**	-0.50**	-0.67**	0.02	0.05	0.17	-0.67**	0.62**	0.16	-0.45**	0.27		-0.09
PANU	LN	0.37*	-0.26	0.17	0.68**	0.68**	0.23	0.27	0.37*	0.69**	-0.21	-0.44**	0.16	-0.64**	-0.31*	
	HN	0.10	-0.28	0.16	0.51**	0.53**	0.10	0.11	0.10	0.53**	-0.29*	-0.37*	0.25	-0.64**	-0.42**	

***, ** i * - značajnost pri razini vjerojatnosti $p < 0,001$, $p < 0,01$, $p < 0,05$

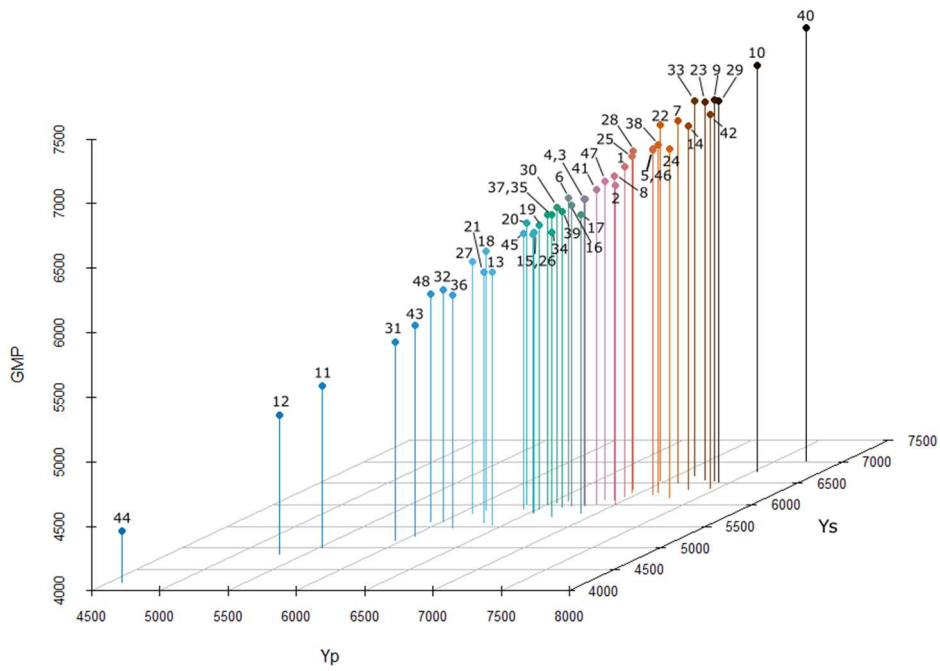
Prilog: Dodatna slika 1. 3D dijagrami za indekse stresa (a) MP, (b) HM, (c) GMP, (d) YI, (e) TOL, (f) SSI, (g) YSI, (h) RDI i prinos zrna pod HN (Yp) i LN (Ys) tretmanima kod 48 genotipova ozime pšenice.



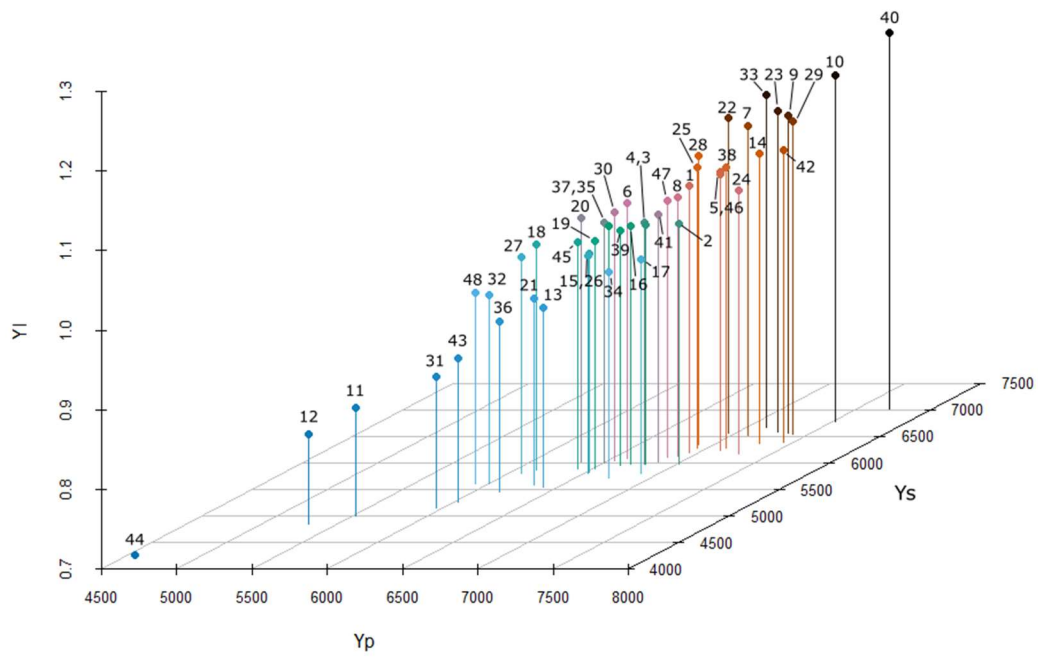
(b) MP



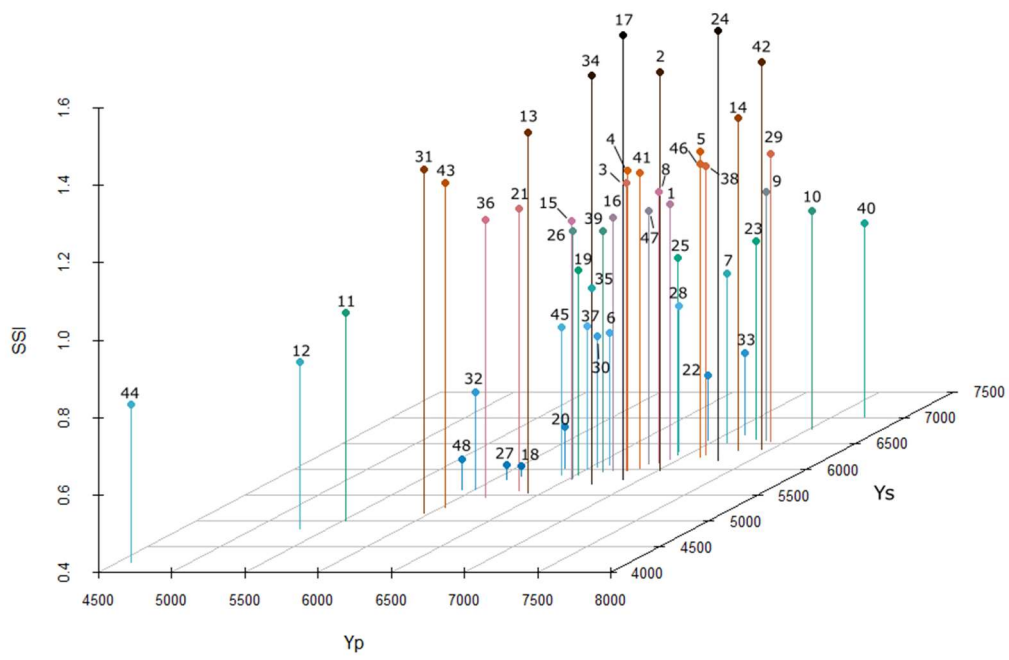
(c) HM



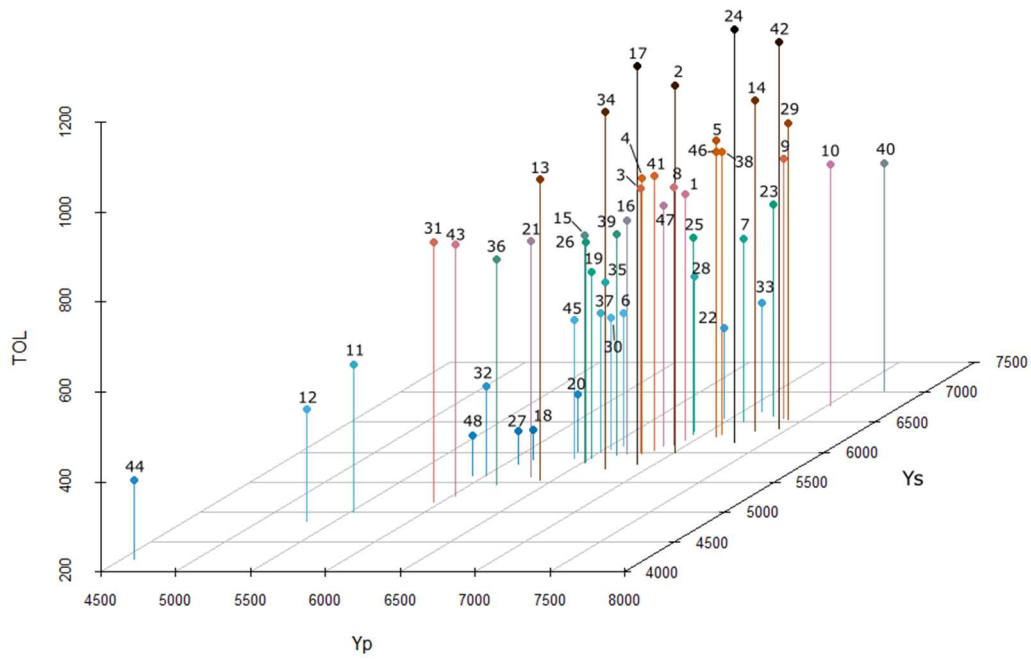
(d) GMP



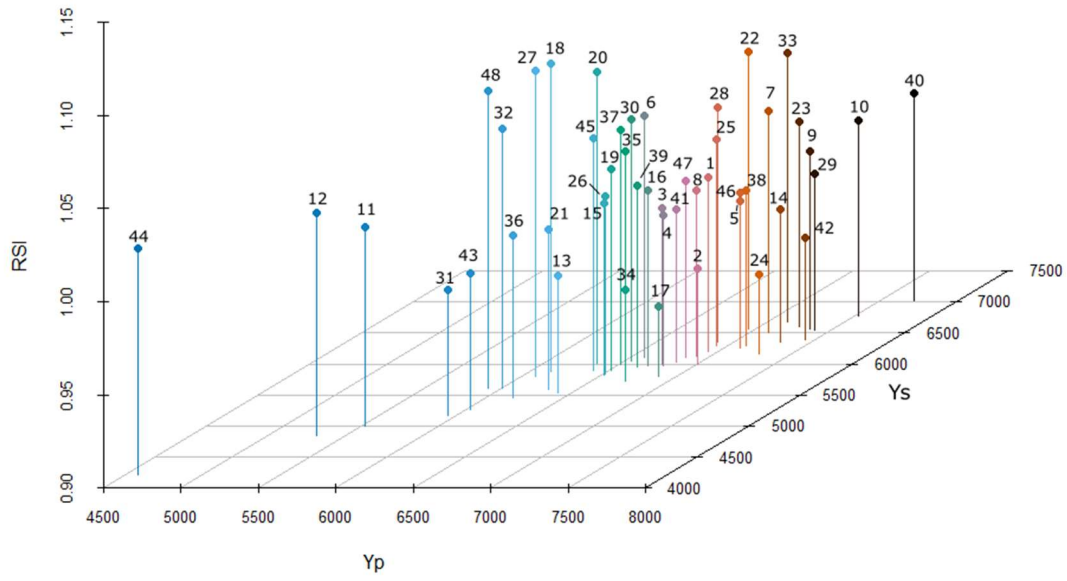
(e) YI



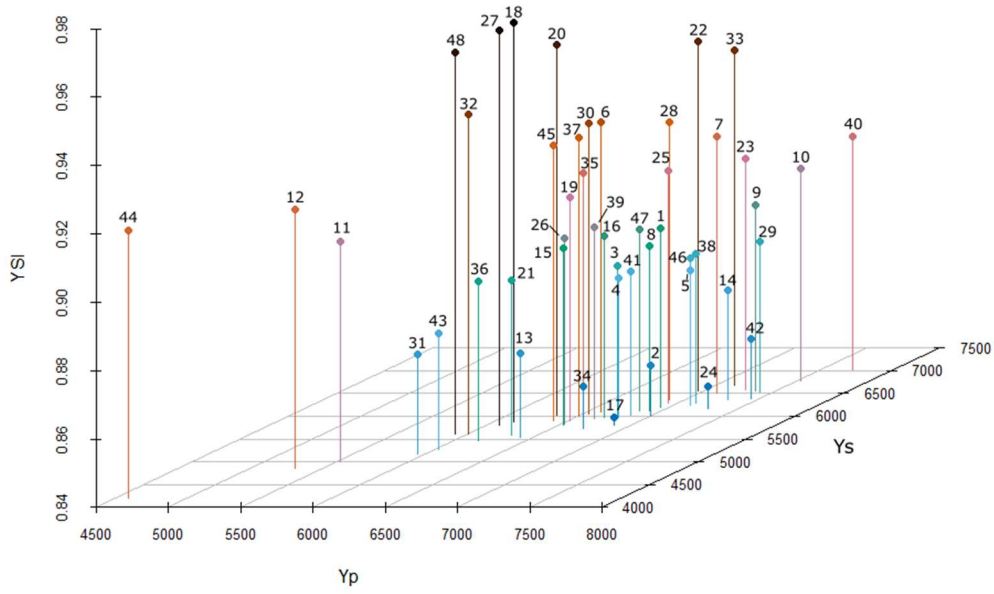
(f) SSI



(g) TOL

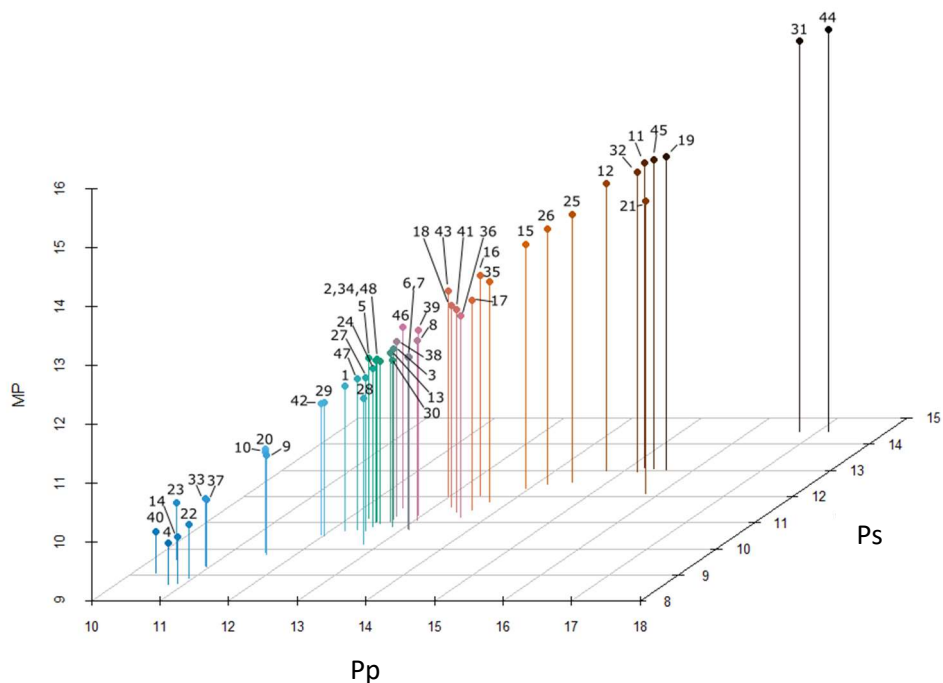


(h) RSI

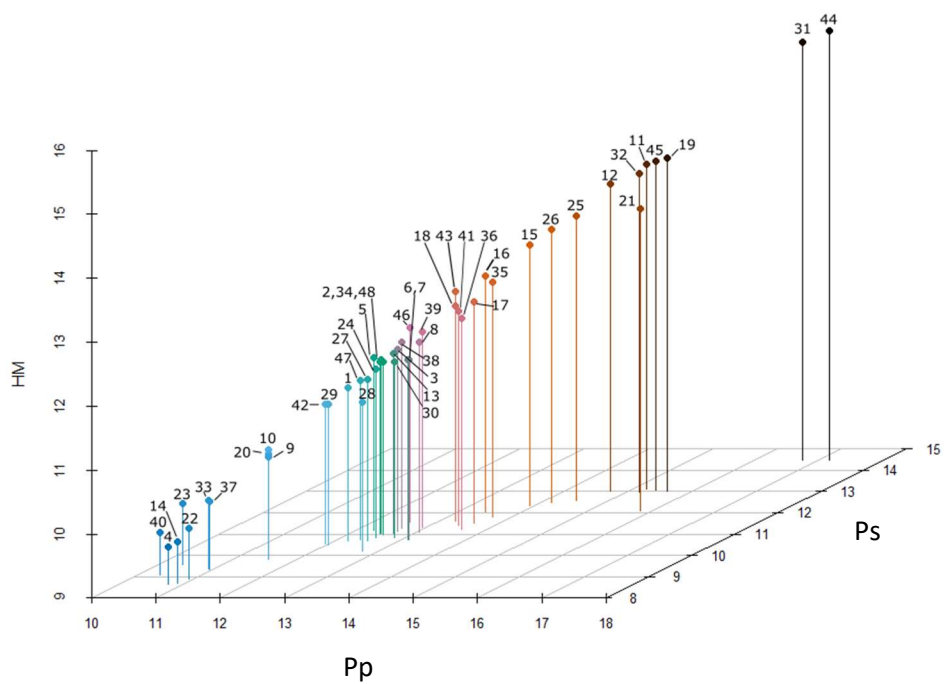


(i) YSI

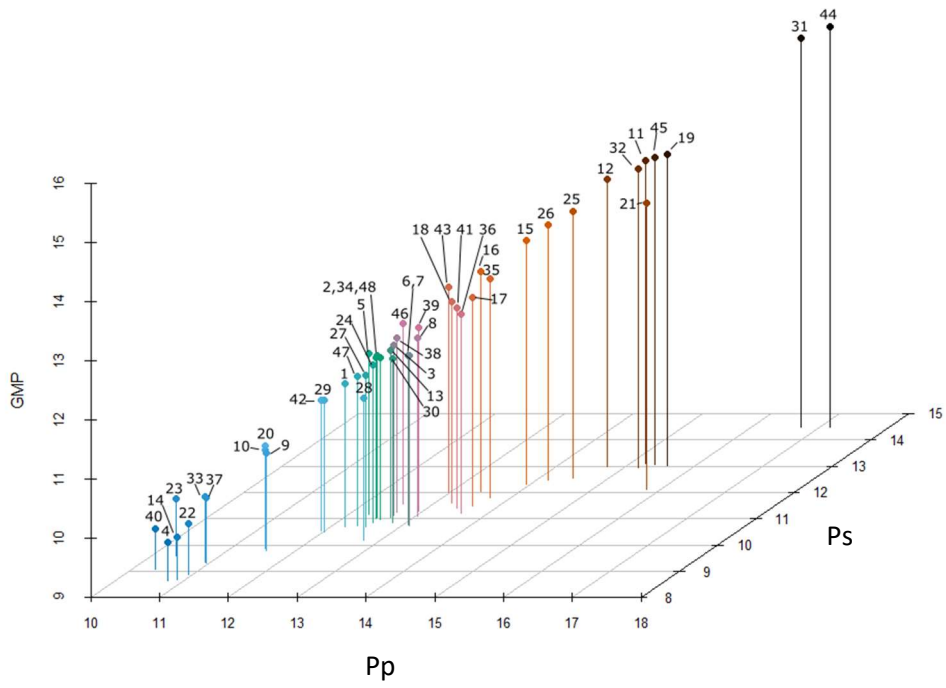
Prilog: Dodatna slika 2. 3D dijagrami za indekse stresa (a) MP, (b) HM, (c) GMP, (d) YI, (e) TOL, (f) SSI, (g) YSI, (h) RDI i sadržaja proteina u zrnu pod HN (Pp) i LN (Ps) tretmanima kod 48 genotipova ozime pšenice.



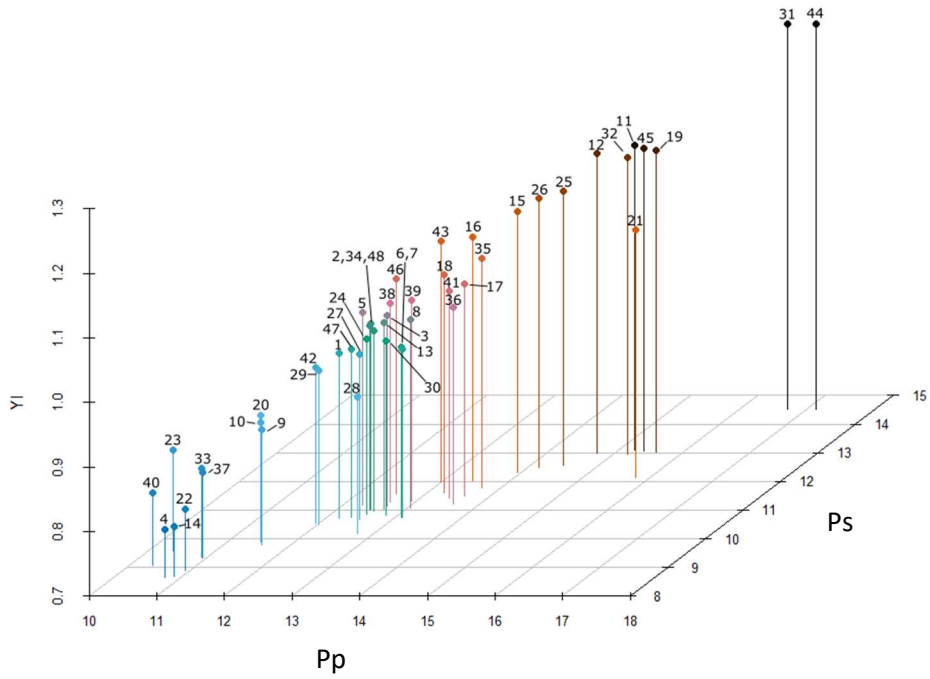
(a) MP



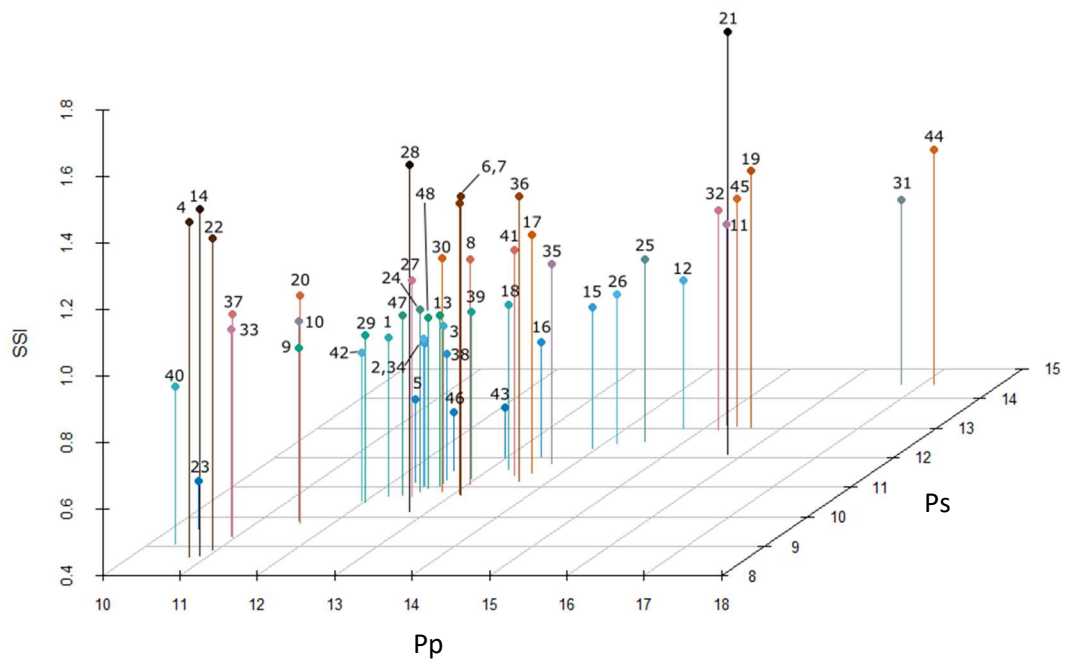
(b) HM



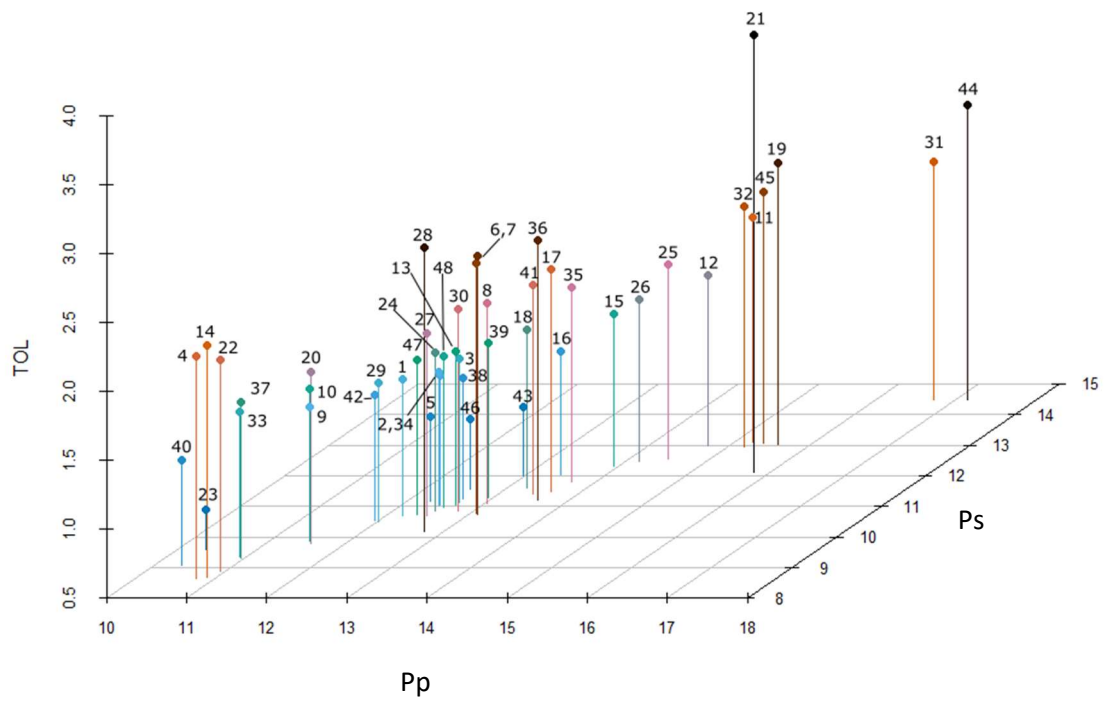
(c) GMP



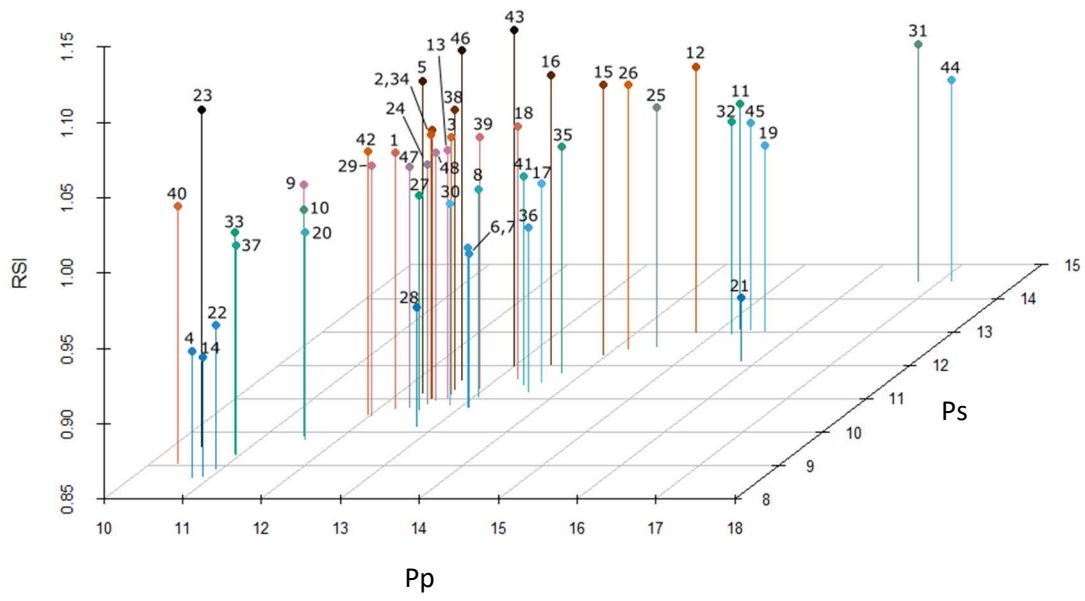
(d) YI



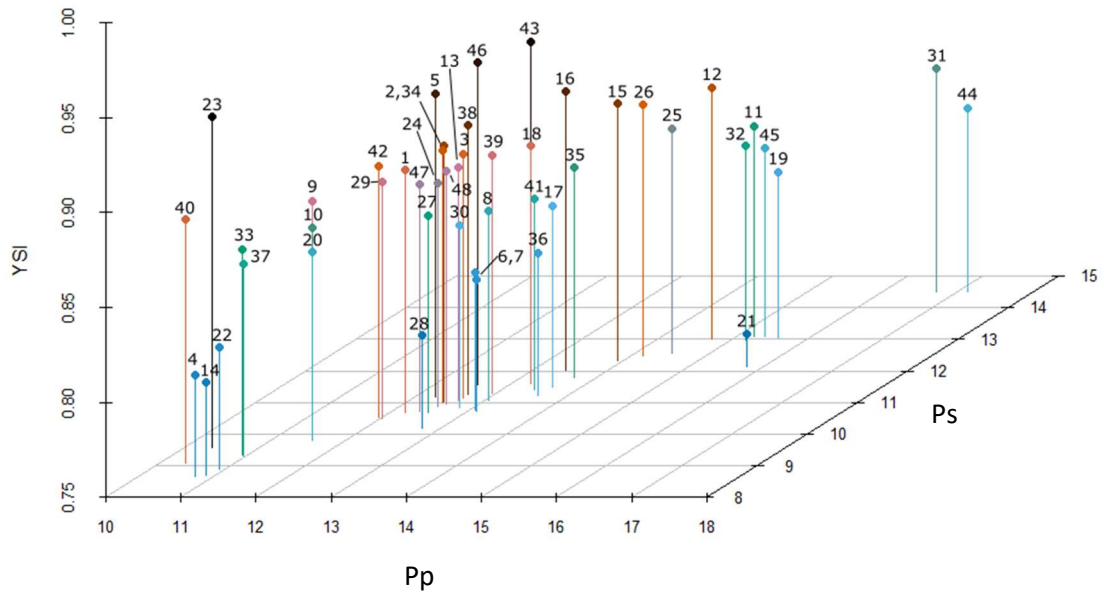
(e) SSI



(f) TOL



(g) RSI



(h) YSI

10. ŽIVOTOPIS

Marko Ivić rođen je 28. 6. 1991. godine u Virovitici. Osnovnu i srednju školu (smjer opća gimnazija) završio je u Slatini. Preddiplomski sveučilišni studij Kemija na Odjelu za kemiju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku završio je 2013. godine i stekao akademski naziv sveučilišni prvostupnik kemije, a 2016. godine završava diplomski studij nastavnički smjer, također na Odjelu za kemiju pri čemu je stekao akademsku titulu magistra edukacije kemije. Tijekom studija sudjelovao je na Festivalima znanosti s usmenim predavanjima, a dobio je dvije pročelnikove nagrade za najboljeg studenta (2013., 2014.).

Nakon kraćeg rada kao nastavnik kemije u srednjoj školi, 1. 10. 2017. godine zapošljava se na Poljoprivrednom institutu Osijek na Odjelu za genetiku i oplemenjivanje strnih žitarica kao asistent, a u prosincu iste godine upisuje poslijediplomski sveučilišni doktorski studij Poljoprivredne znanosti, smjer Agrokemija na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti. Bio je suradnik na projektu HRZZ-a pod nazivom „Genetsko poboljšanje i optimizacija potencijala rodosti pšenice“ voditelja dr.sc. Darija Novoselovića. U razdoblju od lipnja 2024. do prosinca 2025. godine bio je suradnik na IPA-Interreg projektu „New Emerging Technologies 4 Digital Innovative Agricultural Research – NET4DINAR“. Tijekom 2018. godine boravi dva mjeseca na stručnom usavršavanju u NIAB-u, Cambridge, Velika Britanija, a u prosincu 2024. godine stručno se obučava za korištenje alata za brzu fenotipizaciju (UAV i Literal) u Hiphenu, Avignon, Francuska.

Tijekom rada na Poljoprivrednom institutu Osijek kao autor i koautor sudjelovao je u izradi četiri znanstvena rada Q1 kategorije, jednog priručnika i 13 sažetaka s domaćih i međunarodnih konferencija. Koautor je „Barbe“ sorte ozime pšenice priznate 2020. godine od Ministarstva poljoprivrede Republike Hrvatske.

Oženjen i otac djevojčice.