

UNIVERZITET U BEOGRADU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET

Ivan D. Tupajić

UTICAJ NAVODNJAVANJA I ROKA SETVE
NA MORFOLOŠKE, PROIZVODNE I
HEMIJSKE KARAKTERISTIKE KUKURUZA
ŠEĆERCA

doktorska disertacija

Beograd, 2026.

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF AGRICULTURE

Ivan D. Tupajić

THE EFFECT OF IRRIGATION AND
SOWING TIME ON MORPHOLOGICAL,
PRODUCTION AND CHEMICAL
CHARACTERISTICS OF SWEET CORN

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2026.

Komisija za ocenu i odbranu doktorske disertacije

Mentor 1:

dr Đorđe Moravčević, redovni profesor
Univerzitet u Beogradu - Poljoprivredni fakultet

Mentor 2:

dr Marija Ćosić, redovni profesor
Univerzitet u Beogradu - Poljoprivredni fakultet

Članovi komisije:

dr Ljubiša Živanović, redovni profesor
Univerzitet u Beogradu - Poljoprivredni fakultet

dr Aleksa Lipovac, docent
Univerzitet u Beogradu - Poljoprivredni fakultet

dr Vesna Matejić, docent
Agronomski fakultet u Čačku – Univerzitet u Kragujevcu

dr Jelena Stojiljković, naučni saradnik
Institut za povrtarstvo Smederevska Palanka

dr Milan Dražić, vanredni profesor
Univerzitet u Beogradu - Poljoprivredni fakultet

Datum odbrane doktorske disertacije: _____

ZAHVALNICA

Zahvaljujem se svojim mentorima, dr Đorđu Moravčeviću i dr Mariji Ćosić, redovnim profesorima Poljoprivrednog fakulteta Univerziteta u Beogradu, na izuzetnoj stručnosti, strpljenju, kontinuiranoj podršci i dragocenim savetima tokom celog procesa izrade doktorske disertacije.

Iskrenu zahvalnost dugujem i članovima komisije: dr Ljubiši Živanoviću, redovnom profesoru Poljoprivrednog fakulteta Univerziteta u Beogradu, dr Aleksi Lipovcu, docentu Poljoprivrednog fakulteta Univerziteta u Beogradu, dr Vesni Matejić, docentkinji Agronomskog fakulteta u Čačku – Univerziteta u Kragujevcu, i dr Milanu Dražiću, vanrednom profesoru Poljoprivrednog fakulteta Univerziteta u Beogradu. Njihova stručnost, pažljivo čitanje doktorske disertacije i korisni predlozi značajno su doprineli kvalitetu ove disertacije.

Posebnu zahvalnost izražavam firmi Superior DOO i direktoru Nebojši Đinoviću koji su omogućili sprovođenje oglednog dela doktorske disertacije na njihovom oglednom polju. Zahvaljujem se svim radnicima firme na nesebičnoj pomoći, saradnji i podršci tokom terenskog rada. Sa dubokim poštovanjem zahvaljujem se prof. dr Ivu Đinoviću, osnivaču firme Superior, koji me je uveo u svet oplemenjivanja povrća, nesebično podelio svoje bogato znanje i iskustvo i time postavio čvrste temelje na kojima i dalje gradim svoje usavršavanje i naučni rad.

Zahvaljujem se Institutu za povrtarstvo Smederevska Palanka, u kojem sam zaposlen, na razumevanju i podršci tokom izrade doktorske disertacije. Posebno zahvaljujem direktoru i svim kolegama na stvaranju uslova koji su omogućili uspešno okončanje disertacije. Neizmernu zahvalnost dugujem dr Jeleni Stojiljković, naučnoj saradnici i članici komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije, kao i dr Biljani Šević, mojoj mentorki u Institutu, na stručnoj pomoći, dragocenim savetima i kontinuiranoj podršci tokom celog procesa izrade disertacije.

Hvala mojoj koleginici sa studija dr Dragani Stevanović na velikodušnoj pomoći, savetima i motivaciji.

Najveću i najtopliju zahvalnost dugujem svojim prijateljima i porodici – roditeljima, bratu i snajki na безусловnoj ljubavi, razumevanju, strpljenju i podršci koju su mi pružali tokom svih godina rada na disertaciji. Posebnu i najveću zahvalnost želim da uputim svojoj velikoj inspiraciji i motivaciji sinovcu Luki i sinovici Lenki. Vaša radost, energija i osmesi bili su mi najjači podstrek u najtežim trenucima i davali su smisao ovom dugom putu.

Hvala vam svima od srca!

Ova doktorska disertacija nije samo rezultat mog rada, već i plod zajedničkog truda i podrške svih vas.

UTICAJ NAVODNJAVANJA I ROKA SETVE NA MORFOLOŠKE, PROIZVODNE I HEMIJSKE KARAKTERISTIKE KUKURUZA ŠEĆERCA

SAŽETAK

Kukuruz šećerac (*Zea mays* var. *saccharata* Sturt.) predstavlja značajnu povrtarsku biljnu vrstu čija proizvodnja u savremenim uslovima sve više zavisi od efikasnog upravljanja vodnim resursima i prilagođavanja agrotehnike klimatskim promenama. Specifičnost ove kulture ogleda se u mogućnosti gajenja u različitim rokovima setve, uključujući i postrnu proizvodnju, što omogućava intenzivnije korišćenje zemljišta i povećanje ukupne produktivnosti. Međutim, ovakav sistem proizvodnje u velikoj meri zavisi od režima vodosnabdevenosti, naročito u uslovima izraženih klimatskih varijacija.

Cilj ovog istraživanja bio je da se ispita uticaj različitih režima navodnjavanja i rokova setve na morfološke, proizvodne i hemijske karakteristike tri hibrida kukuruza šećerca (Enterprise, Union i Sweet Nugget), kao i da se utvrde optimalne kombinacije faktora koje obezbeđuju visok prinos i kvalitet zrna uz racionalnu potrošnju vode.

Ogled je sproveden tokom tri vegetacione godine (2021–2023) na oglednoj parceli u selu Bresje, opština Velika Plana (Podunavski okrug), u agroekološkim uslovima karakterističnim za umereno-kontinentalnu klimu. Ispitivana su tri režima navodnjavanja: prirodni režim vlaženja (bez navodnjavanja), redukovana norma (50% od poljskog vodnog kapaciteta – PVK) i puna norma (100% PVK), kao i dva roka setve: redovni (kraj aprila – početak maja) i postrni (početak jula). Navodnjavanje je sprovedeno sistemom kap po kap, uz praćenje vlažnosti zemljišta.

U okviru istraživanja analizirane su morfološke osobine (visina biljke, visina biljke do prvog klipa, ukupan broj listova, broj listova do prvog klipa, broj zaperaka, visina zaperaka, broj listova na zapercima, broj klipova po biljci), proizvodne karakteristike (broj ovojnih listova klipa, dužina klipa, prečnik klipa, broj redova zrna, dubina zrna, ukupna masa klipa, masa zrna, masa kočana i randman zrna), kao i hemijske osobine zrna (sadržaj ukupnih šećera, saharoze i ukupnih proteina). Dobijeni podaci obrađeni su primenom analize varijanse (ANOVA), uz utvrđivanje značajnosti razlika između tretmana.

Rezultati istraživanja pokazali su da režim navodnjavanja ima dominantan uticaj na sve grupe ispitivanih osobina. Povećanjem norme navodnjavanja dolazi do intenziviranja vegetativnog rasta i povećanja morfoloških parametara. Najveće vrednosti visine biljke (do 232 cm) i visine do prvog klipa (do 78,5 cm kod hibrida Enterprise) ostvarene su u uslovima pune norme navodnjavanja, uz statistički vrlo značajan uticaj svih faktora i njihovih interakcija ($p < 0,01$). U uslovima prirodnog režima vlaženja zabeležene su najniže vrednosti, što ukazuje na izražen negativan uticaj vodnog stresa.

Proizvodne osobine pokazale su sličan trend. Najveće vrednosti mase klipa (do 351 g), mase zrna (do 247 g) i randmana (do 70,26%) ostvarene su pri punoj normi navodnjavanja, naročito u drugom roku setve. Redukovana norma navodnjavanja omogućila je relativno visoke prinose, uz značajno manju potrošnju vode, što ukazuje na mogućnost racionalizacije navodnjavanja. Nasuprot tome, prirodni režim vlaženja doveo je do smanjenja prinosa usled nedovoljne vodosnabdevenosti u kritičnim fazama razvoja.

Rok setve imao je značajan uticaj na ispitivane osobine, pri čemu je drugi rok setve (postrni), uz adekvatno navodnjavanje, omogućio efikasniju raspodelu asimilata i veći

randman zrna. Međutim, u uslovima bez navodnjavanja, ovaj rok setve predstavljao je rizičan sistem proizvodnje zbog visokih temperatura i nedostatka vlage.

Genotip je imao značajan uticaj na većinu analiziranih osobina. Standardni hibridi (Enterprise i Union) ostvarili su veće vrednosti morfoloških i proizvodnih parametara, dok je super-slatki hibrid Sweet Nugget imao nižu vegetativnu masu, ali znatno viši kvalitet zrna u pogledu sadržaja šećera.

Hemijske analize pokazale su da sadržaj ukupnih šećera i saharoze značajno varira u zavisnosti od genotipa i uslova gajenja. Najveće vrednosti ukupnih šećera (do 40,05%) i saharoze (do 28,39%) ostvarene su kod hibrida Sweet Nugget, što potvrđuje njegov visok genetički potencijal za akumulaciju šećera. Sadržaj saharoze bio je posebno osetljiv na kombinaciju roka setve i režima navodnjavanja, pri čemu su najveće vrednosti zabeležene u drugom roku setve i redukovanoj normi navodnjavanja.

Za razliku od šećera, sadržaj ukupnih proteina pokazao je manju varijabilnost i kretao se u intervalu od 3,04% do 4,38%. Najveće vrednosti ostvarene su u uslovima pune norme navodnjavanja, što ukazuje na značaj adekvatne vodosnabdevenosti za sintezu proteina.

Analiza varijanse potvrdila je statistički vrlo značajan uticaj glavnih faktora (navodnjavanje, rok setve i hibrid), kao i njihovih interakcija, na većinu analiziranih osobina. Dobijeni rezultati ukazuju da se efekti pojedinačnih faktora ne mogu posmatrati izolovano, već isključivo kroz njihovo međusobno delovanje.

Na osnovu rezultata istraživanja može se zaključiti da je za ostvarivanje visokog i stabilnog prinosa kukuruza šećerca, uz očuvanje kvaliteta zrna, neophodno uskladiti režim navodnjavanja, rok setve i izbor hibrida. Puna norma navodnjavanja omogućava maksimalne prinose, dok redukovana norma predstavlja održivu alternativu u uslovima ograničenih vodnih resursa. Postrni rok setve može se uspešno koristiti kao proizvodna opcija, ali isključivo uz primenu navodnjavanja.

Naučni doprinos ovog istraživanja ogleda se u kvantifikaciji i tumačenju interakcija između režima navodnjavanja, roka setve i genotipa u proizvodnji kukuruza šećerca, dok praktični značaj proizilazi iz mogućnosti primene rezultata u unapređenju tehnologije gajenja i racionalnom upravljanju vodnim resursima u uslovima klimatskih promena.

Ključne reči: kukuruz šećerac, režim navodnjavanja, rok setve, genotip, komponente prinosa, kvalitet zrna

Naučna oblast: Biotehničke nauke

Uža naučna oblast: Ratarstvo i povrtarstvo

UDK: 631.67+631.53.04]:[633.15:631.524.8(043.3)

THE EFFECT OF IRRIGATION AND SOWING TIME ON MORPHOLOGICAL, PRODUCTION AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF SWEET CORN

Abstract

Sweet corn (*Zea mays* var. *saccharata* Sturt.) is an important vegetable crop whose production in modern conditions increasingly depends on efficient management of water resources and on the adaptation of agricultural techniques to climate change. The specificity of this culture is reflected in its cultivation across different sowing dates, including post-production, which enables more intensive land use and increases overall productivity. However, this production system is largely dependent on the water supply regime, especially under pronounced climatic variations.

This research aimed to examine the influence of different irrigation norms and sowing dates on the morphological, production, and chemical characteristics of three sweet corn hybrids (Enterprise, Union, and Sweet Nugget), and to determine the optimal combination of factors that ensures high yield and kernel quality with rational water consumption.

The experiment was conducted over three growing seasons (2021–2023) on the experimental plot in the village of Bresje, municipality of Velika Plana (Danube County), under agroecological conditions characteristic of a moderate-continental climate. Three irrigation norms were examined: natural wetting regime (without irrigation), reduced norm (50% of the field water capacity - PVK) and full norm (100% PVK), as well as two sowing dates: regular (end of April - beginning of May) and late (beginning of July). Irrigation was carried out using a drop-by-drop system, with soil moisture monitored.

Within the framework of the research, morphological characteristics were analysed (plant height, plant height to the first ear, total number of leaves, number of leaves to the first ear, number of spikes, height of spikes, number of leaves on spikes, number of spikes per plant), production characteristics (number of ear sheathing leaves, ear length, ear diameter, number of kernel rows, kernel depth, total weight of ear, weight of kernel, weight of ear and shelling percentage), as well as chemical properties of kernel (content of total sugar, sucrose and total protein). The obtained data were analysed using analysis of variance (ANOVA) to determine the significance of differences between treatments.

The results of the research showed that the irrigation norm has a dominant influence on all examined trait groups. Increasing the irrigation norm intensifies vegetative growth and increases morphological parameters. The highest values of plant height (up to 232 cm) and height to the first ear (up to 78.5 cm in the Enterprise hybrid) were achieved under full irrigation conditions, with statistically significant effects of all factors and their interactions ($p < 0.01$). The lowest values were recorded under natural wetting conditions, indicating a pronounced negative influence of water stress.

Production characteristics showed a similar trend. The highest values of ear weight (up to 351 g), kernel weight (up to 247 g) and shelling percentage (up to 70.26%) were achieved at full irrigation norm, especially in the second sowing date. The reduced irrigation norm enabled relatively high yields while significantly reducing water consumption, indicating the possibility of irrigation rationalisation. In contrast, the natural wetting regime led to yield reductions due to insufficient water availability at critical developmental stages.

The date of sowing significantly influenced the examined traits, with the second sowing date under adequate irrigation resulting in a more efficient distribution of assimilates

and a higher shelling percentage. However, under non-irrigated conditions, this sowing date was risky due to high temperatures and a lack of moisture.

Genotype had a significant effect on most of the traits analysed. The standard hybrids (Enterprise and Union) achieved higher values of morphological and production parameters, while the super-sweet hybrid Sweet Nugget had lower vegetative weight, but significantly higher kernel quality in terms of sugar content.

Chemical analyses showed that the content of total sugars and sucrose varies significantly across genotypes and growing conditions. The highest values of total sugars (up to 40.05%) and sucrose (up to 28.39%) were achieved in the Sweet Nugget hybrid, which confirms its high genetic potential for sugar accumulation. Sucrose content was particularly sensitive to the combination of sowing date and irrigation regime, with the highest values recorded for the second sowing date and a reduced irrigation norm.

Unlike sugar, total protein showed less variability, ranging from 3.04% to 4.38%. The highest values were observed under full irrigation, indicating the importance of adequate water supply for protein synthesis.

Analysis of variance confirmed a highly significant influence of the main factors (irrigation, sowing date, and hybrid) and their interactions on most of the analysed traits. The results indicate that the effects of individual factors can not be observed in isolation; they are evident only through their interactions.

Based on the results of the research, it can be concluded that to achieve a high, stable yield of sweet corn while preserving kernel quality, it is necessary to harmonise the irrigation norm, the sowing date, and the choice of hybrids. The full irrigation norm maximises yields, while the reduced rate is a viable alternative in conditions of limited water resources. The second sowing date can be successfully used as a production option, but only with irrigation.

The scientific contribution of this research is reflected in the quantification and interpretation of the interactions among irrigation norm, sowing date, and genotype in the production of sweet corn. At the same time, the practical importance lies in the possibility of applying the results to improve cultivation technology and rational water resource management in the context of climate change.

Key words: sweet corn, irrigation norm, sowing date, genotype, yield components, kernel quality

Scientific field: Biotechnical sciences

Scientific subfield: Field and Vegetable Crops

UDC: 631.67+631.53.04]:[633.15:631.524.8(043.3)

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. NAUČNI CILJ ISTRAŽIVANJA	4
3. PREGLED LITERATURE	5
3.1. Poreklo i istorijski razvoj	5
3.2. Uticaj navodnjavanja na rast, prinos i kvalitet kukuruza šećerca	6
3.3. Uticaj roka setve na prinos i kvalitet kukuruza šećerca	7
3.4. Genetički potencijal hibrida i njegov uticaj na proizvodne i hemijske karakteristike	9
3.5. Morfološke karakteristike kukuruza šećerca u zavisnosti od navodnjavanja i roka setve	10
3.6. Produktivne karakteristike u zavisnosti od faktora proizvodnje	11
3.7. Uticaj analiziranih faktora na sadržaj šećera i proteina	13
3.8. Interakcije faktora na proizvodne i hemijske osobine kukuruza šećerca	14
4. RADNE HIPOTEZE.....	16
4.1. Opšta hipoteza	16
4.1.1. Posebne hipoteze.....	16
5. ZNAČAJ ISTRAŽIVANJA	17
6. MATERIJAL I METODE RADA.....	18
6.1. Lokacija oglada.....	18
6.2. Eksperimentalni dizajn.....	19
6.3. Navodnjavanje	19
6.4. Rok setve	21
6.5. Hibridi	22
6.6. Analize zemljišta	22
6.7. Klimatski podaci	22
6.8. Praćenje dinamike sadržaja vode u zemljištu	23
6.9. Uzorkovanje i analiza morfoloških, proizvodnih i hemijskih osobina.....	23
6.10. Hemijske analize.....	23
6.11. Statistička analiza	24
7. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA	25
7.1. Agroekološki uslovi istraživanja	25
7.1.1. Zemljište.....	25
7.1.2. Klimatski uslovi	28
7.1.3. Dinamika sadržaja vode u zemljištu.....	29
7.1.4. Vodni bilans i potrošnja vode	31
7.2. Morfološke osobine	33
7.2.1. Visina biljke.....	33
7.2.2. Visina biljke do prvog klipa	35

7.2.3. Ukupan broj listova	38
7.2.4. Broj listova do prvog klipa	41
7.2.5. Broj zaperaka	44
7.2.6. Visina zaperka.....	47
7.2.7. Broj listova na zapercima	49
7.2.8. Broj klipova po biljci.....	53
7.2.9. Korelaciona analiza morfoloških osobina	56
7.2.10. Zaključna razmatranja morfoloških osobina.....	57
7.3. Proizvodne osobine	59
7.3.1. Formiranje i dimenzije klipa.....	59
7.3.2. Struktura klipa i zrna	66
7.3.3. Masa i komponente prinosa	71
7.4. Hemijske osobine.....	86
7.4.1. Ukupan sadržaj šećera	86
7.4.2. Sadržaj saharoze.....	89
7.4.3. Sadržaj ukupnih proteina	92
7.4.4. Zaključna razmatranja hemijskih osobina	94
8. ZAKLJUČAK	96
9. LITERATURA.....	98
10. PRILOZI	109
11. BIOGRAFIJA.....	116
Izjava o autorstvu	117
Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada	118
Izjava o korišćenju.....	119

1. UVOD

Kukuruz šećerac (*Zea mays* L. var. *saccharata* Sturt.) pripada porodici Poaceae i predstavlja značajnu povrtarsku vrstu od velikog ekonomskog i nutritivnog značaja u savremenoj poljoprivredi, pre svega zbog svoje visoke nutritivne vrednosti i široke primene u ishrani ljudi. U globalnim okvirima beleži se kontinuiran rast proizvodnje kukuruza šećerca, posebno u regionima Severne Amerike, Azije i Evrope.

Sjedinjene Američke Države predstavljaju najvećeg proizvođača kukuruza šećerca, gde se ova vrsta gaji na površinama od oko 150.000–170.000 ha, dok ukupna vrednost proizvodnje, uključujući sveži i prerađeni segment, iznosi približno 700–800 miliona USD (USDA-NASS, 2024). U Evropi značajnu ulogu imaju Mađarska i Francuska, sa površinama od približno 30.000–35.000 ha i 25.000–30.000 ha, respektivno (Eurostat, 2023). U Srbiji se kukuruz šećerac gaji na površinama od oko 2.000–3.000 ha, a poslednjih nekoliko godina prisutan je trend povećanja proizvodnje, posebno na specijalizovanim gazdinstvima, usled njegove ekonomske isplativosti i mogućnosti gajenja u više rokova setve (Nastić et al., 2022; RZS, 2023; Tupajić et al., 2024a).

Nutritivni značaj kukuruza šećerca ogleda se u visokom sadržaju šećera, skroba, proteina, vitamina B grupe, kao i bioaktivnih jedinjenja poput zeaksantina i luteina (Janošević et al., 2017; Rattin et al., 2018; Gavrić and Omerbegović, 2020; Sidahmed et al., 2024; Matejić et al., 2024). Zrno kukuruza šećerca predstavlja značajan izvor energije i funkcionalnih komponenti, pri čemu sadržaj proteina varira između 2,0–4,5% (Szymanek et al., 2005; Šević et al., 2025). Poseban značaj ima saharoza, kao dominantan šećer odgovoran za senzorna svojstva i tržišnu vrednost proizvoda, čiji sadržaj zavisi od genotipa, vremena berbe i uslova gajenja (Kara et al., 2012; Metha et al., 2017). Pored toga, savremeni trendovi u ishrani, uključujući povećanu potražnju za bezglutenskim i nutritivno vrednim proizvodima, dodatno naglašavaju značaj ove vrste. U tom kontekstu, unapređenje kvaliteta kukuruza šećerca, naročito u pogledu sadržaja šećera i proteina, predstavlja važan cilj kako oplemenjivanja tako i optimizacije agrotehnike (Lalević et al., 2019; Rajičić et al., 2023; Urošević et al., 2023; Šević et al., 2025).

Specifičnosti proizvodnje kukuruza šećerca ogledaju se u njegovoj visokoj adaptabilnosti i fleksibilnosti u tehnologiji gajenja. Mogućnost produženog perioda setve kukuruza šećerca i gajenja kao postrnog useva nakon strnih žita, leguminoza i drugih useva, omogućavaju intenzivnije korišćenje proizvodnih resursa i povećanje ukupne produktivnosti gazdinstava (Tupajić et al., 2026). Međutim, ovakvi sistemi proizvodnje zahtevaju precizno upravljanje agrotehničkim merama, posebno u uslovima sve izraženijih klimatskih promena. Promene u raspodeli padavina, učestalost sušnih perioda i ekstremne temperature predstavljaju značajan ograničavajući faktor u proizvodnji kukuruza šećerca, naročito u regionima sa nestabilnim vodnim režimom.

U takvim uslovima, upravljanje vodnim režimom postaje jedan od ključnih faktora stabilnosti prinosa i kvaliteta proizvoda. Deficit vode negativno utiče na fiziološke procese, uključujući fotosintezu, translokaciju asimilata i naliivanje zrna, što se direktno odražava na prinos i kvalitet (Ertek and Kara, 2013; Afshar et al., 2014; Badr et al., 2021). Navodnjavanje predstavlja osnovnu agrotehničku meru za ublažavanje ovih efekata, pri čemu savremeni sistemi, poput navodnjavanja kap po kap, omogućavaju racionalno i efikasno korišćenje vode (Oktem et al., 2003; Aydınsakir et al., 2013). Ovaj sistem omogućava precizno doziranje vode u skladu sa potrebama biljaka, smanjuje gubitke i omogućava primenu fertirigacije, što dodatno unapređuje efikasnost proizvodnje.

Istraživanja pokazuju da primena pune norme navodnjavanja obezbeđuje maksimalne prinose, dok redukovani režimi mogu imati pozitivan efekat na kvalitet zrna, posebno u pogledu sadržaja šećera i efikasnosti korišćenja vode (Dickert and Tracy, 2001; Ertek and Kara, 2013; Burhan et al., 2016; Tupajić et al., 2026). Upravljanje navodnjavanjem zasnovano na praćenju vlažnosti zemljišta, na primer primenom tenziometara, omogućava precizno određivanje trenutka zalivanja i optimizaciju potrošnje vode (Ćosić et al., 2017). U uslovima ograničenih vodnih resursa, posebno je značajno ispitivanje redukovanih režima navodnjavanja koji mogu obezbediti zadovoljavajući prinos uz povećanu efikasnost korišćenja vode.

Pored vodnog režima, rok setve predstavlja jedan od ključnih faktora koji utiču na rast, razvoj i formiranje prinosa kukuruza šećerca. Pravilan izbor roka setve omogućava optimalno korišćenje temperaturnih i vodnih uslova, što direktno utiče na intenzitet fotosinteze i akumulaciju biomase (Rahmani et al., 2016; Shibzukhov et al., 2021; Rajičić et al., 2025). Kašnjenje setve može dovesti do smanjenja prinosa usled nepovoljnih uslova u kritičnim fazama razvoja (Oktem et al., 2004), dok u uslovima navodnjavanja kasniji rokovi setve mogu biti opravdani, naročito u postrnoj proizvodnji, gde omogućavaju dodatnu proizvodnju u okviru iste vegetacione sezone (Khan et al., 2018). Interakcija roka setve i vodnog režima ima značajan uticaj na fiziološke procese i konačni prinos.

Genotipske razlike između hibrida kukuruza šećerca dodatno komplikuju proizvodni sistem, jer različiti hibridi različito reaguju na uslove gajenja. Ove razlike se ogledaju u morfološkim osobinama (visina biljke, broj listova), komponentama prinosa (masa klipa, broj redova zrna) i hemijskom sastavu (sadržaj šećera i proteina) (Srđić et al., 2016; Ganesan et al., 2017; Subaedah et al., 2021; Šević et al., 2025). Posebno je značajna razlika između hibrida standardne slatkoće i super-slatkih hibrida, koji se razlikuju po genetičkoj osnovi i načinu akumulacije šećera. Genotipska varijabilnost uslovljava i različitu reakciju na režime navodnjavanja i rokove setve, što dodatno naglašava potrebu za njihovim integrisanim proučavanjem (Biberdžić et al., 2018; Rajičić et al., 2024; Tupajić et al., 2026).

Klimatske promene dodatno komplikuju proizvodnju kukuruza šećerca, posebno u regionima sa izraženom varijabilnošću padavina i sve češćim ekstremnim vremenskim uslovima. Promene u temperaturnim režimima, produženi sušni periodi i pojava intenzivnih padavina u kratkom vremenskom intervalu utiču na dostupnost vode u zemljištu i stabilnost proizvodnje. Ovakvi uslovi dovode do povećanog vodnog stresa u kritičnim fazama razvoja biljaka, što može rezultirati smanjenjem prinosa i pogoršanjem kvaliteta zrna. Istovremeno, očekuje se da će učestalost kombinovanih stresova dodatno povećati varijabilnost proizvodnih rezultata. U tom kontekstu, prilagođavanje tehnologije gajenja, posebno kroz optimizaciju režima navodnjavanja i rokova setve, predstavlja ključnu strategiju za ublažavanje negativnih efekata klimatskih promena i obezbeđenje stabilne proizvodnje. Ovi trendovi ukazuju na potrebu za razvojem adaptivnih proizvodnih sistema koji obezbeđuju stabilnost prinosa u uslovima povećane klimatske neizvesnosti (Moravčević, 2026).

Uprkos brojnim istraživanjima pojedinačnih faktora, i dalje postoji nedovoljna zastupljenost intergisisanih istraživanja koja istovremeno analiziraju interakcije između navodnjavanja, roka setve i genotipa u specifičnim agroekološkim uslovima. Ovaj istraživački jaz posebno je izražen u Podunavskom regionu Srbije, gde klimatske promene dodatno povećavaju varijabilnost proizvodnih uslova i zahtevaju prilagođavanje tehnologije gajenja.

Cilj ovog istraživanja je da se ispita uticaj različitih režima navodnjavanja, rokova setve i genotipa na morfološke, proizvodne i hemijske karakteristike kukuruza šećerca, kao i da se sagledaju njihove međusobne interakcije u uslovima promenljivog vodnog režima.

Poseban akcenat stavljen je na identifikaciju optimalnih kombinacija agrotehničkih mera u cilju unapređenja prinosa i kvaliteta, kao i povećanja stabilnosti proizvodnje u agroekološkim uslovima Srbije.

2. NAUČNI CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj ovog istraživanja je da se utvrdi uticaj različitih režima navodnjavanja, rokova setve i genotipa (hibrida) na morfološke, proizvodne i kvalitativne karakteristike kukuruza šećerca, sa posebnim osvrtom na optimizaciju proizvodnih praksi u agroekološkim uslovima Podunavskog regiona Srbije (područje Velike Plane).

Istraživanje obuhvata detaljnu analizu morfoloških osobina, komponenti prinosa i hemijskog sastava zrna kukuruza šećerca u različitim režimima navodnjavanja, rokovima setve i kod različitih hibrida. Poseban akcenat stavljen je na utvrđivanje međusobnih interakcija ovih faktora i njihovog uticaja na stabilnost prinosa i kvalitet proizvoda.

Dobijeni rezultati treba da doprinesu definisanju optimalnih agrotehničkih mera, uključujući izbor hibrida, režim navodnjavanja i rok setve, u cilju povećanja prinosa, unapređenja kvaliteta i produženja perioda berbe kukuruza šećerca u uslovima savremene proizvodnje.

3. PREGLED LITERATURE

3.1. Poreklo i istorijski razvoj

Kukuruz šećerac (*Zea mays* L. var. *saccharata* Sturt.) predstavlja značajnu povrtarsku vrstu od velikog ekonomskog i nutritivnog značaja. Odlikuje se specifičnim hemijskim sastavom zrna, pre svega visokim sadržajem šećera i niskim sadržajem skroba, što ga čini posebno pogodnim za svežu potrošnju i različite vidove industrijske prerade.

Poreklo kukuruza šećerca vezuje se za autohtone narode Severne Amerike, gde su prve sorte, poput Papoona i Susquehanne, gajene od strane Irokeza krajem 18. veka, prema zapisima iz 1779. godine. Ove rane populacije, karakteristične po belom zrnu i izraženoj slatkoći, privukle su pažnju evropskih doseljenika tokom 19. veka, što je dovelo do širenja gajenja i početaka organizovanog oplemenjivanja.

Jedna od prvih značajnih sorti standardnog tipa (su1) bila je Darlings Early iz 1844. godine, koja je postavila osnovu za dalji razvoj sortimenta. Do kraja 19. veka u Sjedinjenim Američkim Državama registrovano je više od 60 sorti kukuruza šećerca, uglavnom zasnovanih na osmorednim linijama severnoameričkih populacija (Marshall and Tracy, 2003). Ovaj period karakteriše intenzivna selekcija i prilagođavanje vrste različitim agroekološkim uslovima.

Početkom 20. veka započinje intenzivniji razvoj genetike i oplemenjivanja kukuruza šećerca. Razvoj prvih komercijalnih hibrida tokom 1930-ih godina predstavlja prekretnicu u proizvodnji, jer je omogućio značajno povećanje stabilnosti prinosa i ujednačenosti kvaliteta zrna (Duvick, 2001). Stvaranjem hibrida Redgreen (1924) započet je prelazak sa sortne na hibridnu proizvodnju, a već do 1947. godine hibridi su činili oko 75% setvene strukture kukuruza šećerca standardnog tipa (su1) (Marshall and Tracy, 2003).

Sorta Golden Bantam iz 1902. godine imala je ključnu ulogu u širenju žutog zrna i predstavlja važan genetički izvor u savremenim oplemenjivačkim programima. Dalji napredak ostvaren je identifikacijom i korišćenjem mutacija u genima *su*, *sh2* i *se*, koje utiču na metabolizam ugljenih hidrata i akumulaciju šećera u zrnu (Revilla et al., 2018). Poseban značaj ima razvoj *sh2* mutacije na Univerzitetu u Ilinoisu 1960-ih godina, što je dovelo do stvaranja prvog superslatkog hibrida Illiny Xtra Sweet 1961. godine.

Razvoj molekularne genetike i primena genetičkih markera omogućili su preciznije mapiranje osobina povezanih sa prinosom i kvalitetom, čime je unapređena efikasnost oplemenjivanja. U tom kontekstu, genotipska raznolikost hibrida dobija poseban značaj, jer različiti genotipovi ispoljavaju specifične fenotipske osobine u zavisnosti od uslova proizvodnje (Biberdžić et al., 2018b; Subaedah et al., 2021; Rajičić et al., 2024). Ove razlike se ogledaju u parametrima kao što su broj redova zrna, masa klipa, sadržaj proteina i procenat suve materije (Janošević, 2021; Šević et al., 2025).

U poslednje dve decenije oplemenjivački ciljevi usmereni su ka povećanju sadržaja šećera, poboljšanju uniformnosti klipa, otpornosti na biotske i abiotske stresove, kao i povećanju adaptabilnosti na različite agroekološke uslove (Tracy, 2019). Ukrštanjem genetički divergentnih inbred linija razvijeni su hibridi sa unapređenim agronomskim i tehnološkim osobinama, uključujući veću slatkoću, ranostasnost i stabilnost prinosa.

Savremeni trendovi u proizvodnji kukuruza šećerca ukazuju na porast potražnje, uslovljen promenama u ishrani, urbanizacijom i povećanom svesti o značaju funkcionalne

hrane (Dhaliwal et al., 2023). U Evropi i Aziji beleži se kontinuiran rast proizvodnje, sa posebnim fokusom na hibride prilagođene lokalnim agroekološkim uslovima.

Prema FAOSTAT bazi podataka (FAO, 2021), izvoz zamrznutog kukuruza šećerca iz Srbije iznosio je 8.294 tone, dok je izvoz prerađenog ili konzervisanog proizvoda dostigao 1.220 tona, pri čemu podaci za naredni period ukazuju na stabilan trend izvoza i rast značaja ove kulture u strukturi poljoprivredne proizvodnje. Ovaj trend prati povećanje broja specijalizovanih gazdinstava koja uključuju ovu vrstu u setvenu strukturu, pre svega zbog njene ekonomske isplativosti i kompatibilnosti sa postojećim agrotehničkim merama (Nastić et al., 2022).

Brojna istraživanja ukazuju da pravilna primena agrotehničkih mera, uključujući izbor roka setve, navodnjavanje i prihranjivanje, ima ključnu ulogu u ostvarivanju visokih prinosa i kvaliteta (Imran et al., 2023). Posebno se ističe značaj adekvatne ishrane azotom i optimizacije roka setve u različitim klimatskim uslovima (Wang et al., 2021; Sánchez et al., 2021).

Danas se u komercijalnom oplemenjivanju koristi više recesivnih gena, među kojima dominiraju *su1* i *sh2*, dok se hibridi klasifikuju na standardne (*sugary*), *superslatke* (*shrunken*), *sugary enhanced* i *sinergističke* tipove (Dickerson, 1996; Tracy, 2001). Svaki od ovih tipova karakteriše specifičan odnos između agronomskih i kvalitativnih osobina.

Pored proizvodnog značaja, kukuruz šećerac ima važnu ulogu u plodoredu, posebno kao postrni usev, čime doprinosi intenzivnijem korišćenju zemljišta i povećanju ekonomičnosti proizvodnje (Aydinsakir et al., 2013). Njegov značaj dodatno je naglašen nutritivnim svojstvima, jer predstavlja bogat izvor šećera, proteina i bioaktivnih jedinjenja, uključujući karotenoide poput zeaksantina i luteina (Janošević et al., 2017; Srdić et al., 2019; Dragičević et al., 2021).

Može se zaključiti da se proučavanje kukuruza šećerca razvilo od jednostavnih metoda selekcije do kompleksne, interdisciplinarne oblasti koja integriše genetiku, fiziologiju i agrotehniku, sa ciljem prilagođavanja proizvodnje savremenim zahtevima tržišta i uslovima klimatskih promena (Swarts and Buckler, 2021).

3.2. Uticaj navodnjavanja na rast, prinos i kvalitet kukuruza šećerca

Navodnjavanje predstavlja jednu od najvažnijih agrotehničkih mera u proizvodnji kukuruza šećerca, posebno u uslovima promenljivih meteoroloških prilika i izraženog vodnog deficita (Ćosić et al., 2018; Moravčević i sar., 2021; Lipovac et al., 2022). U savremenim uslovima klimatskih promena, gde se sve češće javljaju sušni periodi i neravnomerna raspodela padavina, značaj pravilnog upravljanja vodnim režimom dodatno dobija na važnosti.

Suša izaziva osmotski stres koji direktno utiče na fiziološke procese u biljci, uključujući smanjenje apsorpcije vode, klijavosti semena, intenziteta fotosinteze i ukupne biomase. Istovremeno dolazi do aktivacije antioksidativnih sistema i akumulacije osmoprotektanata, kao što su rastvorljivi šećeri, prolin i proteini (Li, 2017). Ovi procesi predstavljaju adaptivni odgovor biljke, ali su često nedovoljni da spreče smanjenje prinosa u uslovima izraženog vodnog deficita.

Kukuruz šećerac se odlikuje relativno slabije razvijenim korenovim sistemom u poređenju sa merkantilnim kukuruzom, što ga čini osetljivijim na nedostatak vode. Njegove potrebe za vodom posebno su izražene u kritičnim fazama razvoja, kao što su metličanje, svilanje i formiranje klipa. U tim fazama, kombinacija visokih temperatura i nedostatka vlage

dovodi do slabog naliivanja zrna i značajnog smanjenja prinosa (Jett, 2006; Ćosić et al., 2018; Lipovac et al., 2022).

Brojna istraživanja potvrđuju da primena pune norme navodnjavanja obezbeđuje maksimalne vrednosti prinosa i komponenti prinosa, dok smanjenje norme direktno dovodi do njihovog opadanja (Ertek et al., 2013). Međutim, savremeni pristupi proizvodnji sve više naglašavaju potrebu za optimizacijom upotrebe vode, posebno u uslovima ograničenih resursa (Tupajić et al., 2026).

U tom kontekstu, primena sistema navodnjavanja kap po kap ima poseban značaj, jer omogućava precizno doziranje vode u skladu sa potrebama biljaka i značajno smanjuje gubitke vode usled evaporacije sa površine zemljišta i dubinske perkolacije (proceđivanje vode u dublje slojeve), čime se povećava efikasnost korišćenja vode u zoni aktivne rizosfere. Ovaj sistem omogućava i primenu fertirigacije, čime se dodatno unapređuje efikasnost korišćenja hraniva i vode (Oktem et al., 2003; Aydinsakir et al., 2013).

Uporedna istraživanja metoda navodnjavanja ukazuju da sistem kap po kap doprinosi povećanju biomase i efikasnosti korišćenja vode, dok sistemi orošavanja mogu imati izraženiji efekat na prinos u određenim uslovima (Moteva et al., 2016). Ovi rezultati ukazuju da izbor metode navodnjavanja treba prilagoditi konkretnim agroekološkim uslovima i ciljevima proizvodnje.

Zanimljivo je da određena istraživanja ukazuju da redukovani režimi navodnjavanja mogu imati pozitivan efekat na kvalitet zrna. Burhan et al. (2016) navode poboljšanje mineralnog sastava, dok Rivera-Hernández et al. (2010) ističu da uticaj vlažnosti zemljišta na morfološke osobine može biti ograničen u određenim uslovima. Takođe, smanjena norma navodnjavanja može dovesti do povećanja sadržaja šećera u zrnu, što potvrđuju Ertek i Kara (2013) i Dickert i Tracy (2001).

U praksi, određivanje norme navodnjavanja zasniva se na praćenju vlažnosti zemljišta, najčešće pomoću tenziometara, pri čemu se navodnjavanje započinje kada vlažnost dostigne približno 60% od poljskog vodnog kapaciteta (PVK) (Ćosić et al., 2017). Ovakav pristup omogućava racionalno upravljanje vodnim resursima i optimizaciju proizvodnje.

U agroekološkim uslovima Srbije, navodnjavanje predstavlja ključnu meru za obezbeđenje stabilnih prinosa kukuruza šećerca, naročito u postrnoj proizvodnji, gde su vodni uslovi često ograničavajući faktor (Tupajić et al., 2024a).

Na osnovu analizirane literature može se zaključiti da režimi navodnjavanja ne utiču samo na kvantitativne parametre proizvodnje, već i na kvalitet zrna, posebno sadržaj šećera i mineralnih materija. Stoga je optimizacija navodnjavanja jedan od ključnih elemenata savremene proizvodnje kukuruza šećerca, posebno u uslovima klimatskih promena i ograničenih vodnih resursa.

3.3. Uticaj roka setve na prinos i kvalitet kukuruza šećerca

Rok setve predstavlja jedan od najznačajnijih agronomskih faktora koji utiče na rast, razvoj, prinos i kvalitet kukuruza šećerca, pre svega zbog njegove izražene osetljivosti na temperaturna kolebanja, dostupnost vlage i fotoperiodizam. Vreme setve određuje uslove u kojima biljka prolazi kroz ključne fenofaze, čime direktno utiče na vegetativni porast, vreme cvetanja, oplodnju i naliivanje zrna (Franco et al., 2016).

Interakcija između roka setve i agroekoloških uslova ima presudan značaj za uspešnost proizvodnje. U zavisnosti od toga da li se primenjuje rana, optimalna ili kasna

setva, dolazi do značajnih razlika u morfološkim i produktivnim osobinama biljaka. U uslovima suvog ratarenja preporučuje se setva od sredine do kraja aprila, kada se kukuruz šećerac gaji kao glavni usev, kako bi se izbegli nepovoljni klimatski uslovi u kasnijim fazama razvoja (Sweeney et al., 2016; Soare et al., 2019).

Međutim, primena navodnjavanja značajno povećava fleksibilnost u izboru roka setve, omogućavajući kasnije rokove i postrnu proizvodnju. U takvim uslovima dolazi do drugačijeg odgovora biljaka, jer se ublažava uticaj vodnog stresa i omogućava stabilniji razvoj (Khan et al., 2018).

Rana setva, najčešće krajem aprila i početkom maja u umerenim klimatskim uslovima, obezbeđuje povoljne uslove za vegetativni rast i često rezultira većim prinosima i boljim kvalitetom zrna (Kaya et al., 2019). Soare et al. (2019) navode da se u ranijem roku setve postiže veća visina biljke, što se dovodi u vezu sa povoljnijim vodnim režimom tokom prolećnog perioda.

Sa druge strane, kasniji rokovi setve mogu imati pozitivan uticaj na pojedine komponente prinosa. Istraživanja pokazuju da setva u junu ili julu može dovesti do povećanja broja listova, dužine klipa, mase zrna i mase 1000 zrna, posebno u uslovima navodnjavanja (Khan et al., 2018; Khan et al., 2019). Ovi efekti ukazuju na to da kasniji rokovi setve mogu biti opravdani u sistemima intenzivne proizvodnje, gde su obezbeđeni optimalni uslovi vlažnosti zemljišta.

Utrošak vode i dostupnost vlage značajno variraju u zavisnosti od roka setve, što dodatno komplikuje proizvodni sistem, posebno u uslovima klimatskih promena. U sistemima bez navodnjavanja, kasniji rokovi setve najčešće dovode do smanjenja visine biljke, mase i prečnika klipa, pri čemu je intenzitet ovih promena uslovljen genotipom (Ugur et al., 2015; Nemeskéri et al., 2019).

Značaj interakcije između roka setve i genotipa potvrđuju i rezultati istraživanja Kiliñ et al. (2023), koji ukazuju na statistički značajne razlike u visini biljke i visini do prvog klipa ($p \leq 0,05$). Ovi nalazi potvrđuju da izbor hibrida mora biti usklađen sa rokom setve i agroekološkim uslovima, kako bi se ostvario maksimalni proizvodni potencijal (Raičić et al., 2025).

Optimalni rokovi setve razlikuju se u zavisnosti od agroklimatskih zona. U umerenim klimatskim uslovima optimalan period setve obuhvata interval od sredine aprila do sredine maja, dok u tropskim i suptropskim regionima postoji veća fleksibilnost zahvaljujući drugačijoj dinamici padavina i mogućnosti navodnjavanja (Masarirambi et al., 2012). U tom kontekstu, određivanje roka setve sve više se zasniva na praćenju temperature zemljišta, kao jednog od ključnih indikatora za početak setve (Parsanna et al., 2022).

Pored uticaja na prinos, rok setve ima značajan uticaj i na kvalitet zrna. Mehta et al. (2017b) navode da optimalna kombinacija roka setve i vremena berbe utiče na sadržaj šećera, pri čemu se maksimalne vrednosti postižu oko 24 dana nakon oplodnje. Ovi rezultati ukazuju na značaj usklađivanja fenoloških faza sa spoljnim uslovima sredine.

U agroekološkim uslovima Srbije, koje karakterišu izražene temperaturne fluktuacije i neravnomerna raspodela padavina, rok setve predstavlja jedan od ključnih faktora stabilnosti prinosa (Stojiljković et al., 2025). Tupajić et al. (2024) su utvrdili da drugi rok setve (početak jula), posebno u kombinaciji sa punom normom navodnjavanja, može dovesti do povećanja vrednosti komponenti prinosa u odnosu na raniji rok setve.

Ovi rezultati potvrđuju da optimalan rok setve nije univerzalan, već zavisi od interakcije sa drugim faktorima proizvodnje, pre svega navodnjavanjem i izborom hibrida. U

tom smislu, prilagođavanje roka setve predstavlja jednu od ključnih mera savremene agrotehnike, koja omogućava optimizaciju prinosa i kvaliteta u promenljivim agroekološkim uslovima.

3.4. Genetički potencijal hibrida i njegov uticaj na proizvodne i hemijske karakteristike

Izbor hibrida predstavlja jedan od ključnih faktora uspešnosti proizvodnje kukuruza šećerca, jer genetički potencijal direktno utiče na prinos, kvalitet zrna i adaptabilnost biljaka u različitim agroekološkim uslovima. Genotip određuje osnovne morfološke, fiziološke i biohemijske karakteristike biljke, ali i način na koji biljka reaguje na primenjene agrotehničke mere, uključujući režim navodnjavanja i rok setve.

Hibridi kukuruza šećerca razlikuju se prema dužini vegetacionog perioda i dele se na rane (60–70 dana), srednje rane (70–80 dana) i kasne (preko 80 dana), što direktno utiče na njihovu prilagodljivost različitim proizvodnim sistemima. Pored toga, prema sadržaju i tipu šećera, razlikuju se standardno slatki (su), poboljšano slatki (se) i super-slatki (sh2) tipovi (Mehta et al., 2017a). Ova podela zasniva se na mutacijama u genima koji kontrolišu metabolizam ugljenih hidrata u endospermu.

Mutacije na genima sugary1 (su1) i shrunken2 (sh2) imaju ključnu ulogu u određivanju slatkoće i teksture zrna. Prema Tracy (2001), u komercijalnom oplemenjivanju koristi se osam recesivnih gena, među kojima su su1 i sh2 najzastupljeniji zbog svog značajnog uticaja na akumulaciju šećera i sintezu skroba. Hibridi tipa su1 karakterišu se većim sadržajem vodotopivih polisaharida, što daje zrnju karakterističnu kremastu teksturu, ali i ubranu konverziju šećera u skrob nakon berbe, što skraćuje period optimalne potrošnje (Špoljarić-Marković, 2021).

Nasuprot tome, sh2 hibridi imaju smanjenu sposobnost konverzije šećera u skrob, što rezultira znatno većim sadržajem rastvorljivih šećera i produženim periodom tehnološke zrelosti. Prema Marshall i Tracy (2003), optimalni period berbe kod sh2 hibrida može biti produžen i do četiri puta u odnosu na su1 tipove. Međutim, iako poseduju superioran kvalitet u pogledu slatkoće, ovi hibridi su često osetljiviji na stresne uslove i imaju slabije agronomske osobine, uključujući nižu klijavost i vigor semena (Špoljarić-Marković, 2021).

Sugary hibridi, sa druge strane, odlikuju se većim prinosom, boljom adaptabilnošću i većom tolerancijom na biotske i abiotske stresove, što ih čini pogodnijim za intenzivnu proizvodnju. Ipak, savremeni trendovi u proizvodnji i preradi favorizuju sh2 hibride, koji danas čine više od 70% proizvodnje za industrijsku preradu na globalnom nivou (Lertrat i Pulam, 2007; Dodson-Swenson i Tracy, 2015).

Genetička varijabilnost između hibrida značajno utiče na morfološke i produktivne osobine biljaka. Subaedah et al. (2021) su utvrdili značajne razlike u visini biljke između hibrida, pri čemu je genotip Master Sweet dostigao prosečnu visinu od 171,67 cm, dok je hibrid Talenta bio značajno niži (130,83 cm). Ove razlike ukazuju na izražen uticaj genotipa na vegetativni rast i potencijal prinosa.

Pored morfoloških osobina, genotip ima presudan uticaj i na hemijski sastav zrna. Alan et al. (2014) su potvrdili značajne razlike u sadržaju šećera između hibrida u različitim oblicima prerade (sveže, zamrznuto i konzervisano zrno), što ukazuje na stabilnost genotipskog efekta u različitim uslovima upotrebe.

Rezultati istraživanja Tupajić et al. (2024) dodatno potvrđuju značaj genotipa u interakciji sa agrotehničkim merama. Hibrid Enterprise ostvario je najviše vrednosti

komponenti prinosa, posebno u drugom roku setve uz punu normu navodnjavanja, dok je superslatki hibrid Sweet Nugget pokazao najveći sadržaj ukupnih šećera u uslovima prirodnog vlaženja. Ovi rezultati ukazuju na različite strategije adaptacije hibrida, gde pojedini genotipovi favorizuju prinos, a drugi kvalitet.

Slične rezultate navode Dickert i Tracy (2001), koji ističu da redukovani režimi navodnjavanja mogu dovesti do povećanja sadržaja šećera, posebno kod genotipova sa visokim potencijalom akumulacije saharoze. Genetička osnova za ovakve odgovore leži u različitoj efikasnosti metabolizma ugljenih hidrata i adaptivnim mehanizmima biljaka na stresne uslove.

Značaj genotipske varijabilnosti potvrđuju i istraživanja Srdić et al. (2016) i Ganesan et al. (2017), koja ukazuju na snažnu povezanost između genotipa i komponenti prinosa, kao i sadržaja šećera. Ganesan et al. (2017) su utvrdili pozitivne korelacije između prinosa klipa i sadržaja ukupnih i neredukujućih šećera, što naglašava mogućnost istovremenog unapređenja kvantitativnih i kvalitativnih osobina kroz selekciju.

Saharoza, kao dominantan šećer odgovoran za slatkoću, pokazuje najveće koncentracije kod sh2 genotipova, što ih čini posebno pogodnim za tržišta sa visokim zahtevima za kvalitetom (Mehta et al., 2017). Međutim, ostvarenje ovog potencijala u velikoj meri zavisi od interakcije sa spoljnim faktorima.

Interakcija genotipa sa rokom setve i režimom navodnjavanja predstavlja jedan od ključnih aspekata savremene proizvodnje kukuruza šećerca. Partali et al. (2021) naglašavaju da različiti hibridi različito reaguju na ove faktore, što zahteva prilagođavanje agrotehnike konkretnom genotipu. Tako je, na primer, hibrid Union pokazao bolje rezultate u uslovima pune norme navodnjavanja, dok je hibrid Sweet Nugget ostvario veći sadržaj šećera u uslovima redukovano navodnjavanja (Tupajić et al., 2024).

Ovi rezultati ukazuju da izbor hibrida ne treba posmatrati izolovano, već u kontekstu celokupnog proizvodnog sistema. Integrisano sagledavanje genotipa, roka setve i režima navodnjavanja omogućava optimalno iskorišćenje genetičkog potencijala i postizanje stabilnog odnosa između prinosa i kvaliteta.

3.5. Morfološke karakteristike kukuruza šećerca u zavisnosti od navodnjavanja i roka setve

Morfološke karakteristike kukuruza šećerca, uključujući visinu biljke, broj listova po biljci i visinu do prvog klipa, predstavljaju osnovne indikatore adaptacije biljaka na agroekološke uslove i imaju direktan uticaj na fotosintetski potencijal i stabilnost prinosa. Ove osobine odražavaju interakciju genotipa sa spoljnim faktorima, pri čemu režim navodnjavanja i rok setve imaju ključnu ulogu u njihovom formiranju.

Vodni režim značajno utiče na vegetativni porast biljaka. Deficit vlage ograničava ćelijsku deobu i elongaciju, što dovodi do smanjenja visine biljke i ukupne biomase. Moteva et al. (2016) ističu da primena navodnjavanja metodom kap po kap kod superslatkih hibrida dovodi do povećanja visine biljke i broja listova. U njihovom istraživanju, visina biljke u uslovima bez navodnjavanja iznosila je 110 cm, dok je primenom navodnjavanja povećana na 127,8 cm, a u uslovima pune norme dostizala je 134 cm, što predstavlja značajno povećanje vegetativnog rasta. Sličan trend zabeležen je i za broj listova, koji se povećao sa 5,9 na 8,6, što ukazuje na povećanje fotosintetske površine i potencijala za akumulaciju biomase.

Pored navodnjavanja, rok setve predstavlja važan faktor koji utiče na morfološki razvoj biljaka. Soare et al. (2019) navode da je u ranijem roku setve (krajem aprila) utvrđena

veća visina biljaka u odnosu na kasniji rok (početak juna), što se objašnjava povoljnijim rasporedom padavina i temperaturnih uslova tokom početnih faza rasta. Međutim, isti autori ističu da rok setve nema značajan uticaj na broj listova u uslovima suvog ratarenja, gde se broj listova kreće između 8 i 9, dok uvođenje navodnjavanja može modifikovati ovaj odnos i pojačati vegetativni rast.

Negativan uticaj vodnog deficita na morfološke osobine potvrđuju i Nemeskéri et al. (2019), koji navode smanjenje visine biljaka, prečnika i mase klipova u uslovima bez navodnjavanja, pri čemu intenzitet ovog efekta zavisi od genotipa. Ugur et al. (2015) takođe beleže smanjenje visine biljaka sa odlaganjem roka setve, što ukazuje na značaj optimalnog vremena setve za nesmetan vegetativni razvoj.

Genotip predstavlja dodatni faktor varijabilnosti morfoloških osobina. Kiliç et al. (2023) ističu da hibrid ima veoma značajan uticaj na visinu biljke, dok je interakcija između roka setve i hibrida statistički značajna. Za visinu do prvog klipa, isti autori navode dominantan uticaj genotipa, dok rok setve nije pokazao značajan efekat. Ovi rezultati su u saglasnosti sa ranijim istraživanjima (Anil and Sezer, 2003; Oktem and Oktem, 2006), koja potvrđuju izražene razlike između hibrida u pogledu ove osobine.

Listovi imaju ključnu ulogu u formiranju prinosa kroz svoju funkciju u procesu fotosinteze i interakciji biljke sa spoljnim uslovima. Zhou et al. (2019) naglašavaju značaj listova u adaptaciji biljaka, dok Fujita et al. (2001) navode da listovi klipa učestvuju sa približno 15% u ukupnom prinosu, pre svega kroz doprinos fotosintetskoj aktivnosti. Starenje listova klipa direktno je povezano sa smanjenjem prinosa, jer dolazi do smanjenja fotosintetske efikasnosti.

Pored toga, genotipske razlike u arhitekturi biljke, uključujući broj i raspored listova, površinu lista i ugao između lista i stabla, utiču na efikasnost korišćenja svetlosti i ukupni fotosintetski kapacitet (Đalović et al., 2021). Ove osobine su pod uticajem gustine useva i ishrane biljaka, posebno azotom, ali i vodnog režima.

U uslovima vodnog deficita dolazi do značajnog smanjenja fotosintetske površine lista, što negativno utiče na formiranje komponenti prinosa, uključujući broj redova zrna (Datta et al., 2022). Ovakvi uslovi dovode do smanjenja ukupnog vegetativnog potencijala biljaka i ograničavaju njihov produktivni kapacitet.

Rezultati istraživanja Tupajić et al. (2024b) dodatno potvrđuju značaj navodnjavanja, jer su u kontrolnim varijantama bez navodnjavanja, u oba roka setve i kod svih ispitivanih hibrida, zabeležene najniže vrednosti morfoloških parametara. Ovi rezultati jasno ukazuju na negativan uticaj vodnog stresa na vegetativni rast i razvoj biljaka kukuruza šećerca.

Na osnovu navedenih istraživanja može se zaključiti da morfološke karakteristike kukuruza šećerca predstavljaju rezultat složene interakcije genotipa, vodnog režima i roka setve. Optimalna kombinacija ovih faktora omogućava razvoj biljaka sa većim fotosintetskim potencijalom i boljim osnovama za formiranje visokog i stabilnog prinosa.

3.6. Produktivne karakteristike u zavisnosti od faktora proizvodnje

Produktivne karakteristike kukuruza šećerca, uključujući dužinu klipa, broj redova zrna, masu klipa i broj zrna po klipu, predstavljaju osnovne komponente prinosa i direktno određuju ekonomsku vrednost proizvodnje. Njihovo formiranje rezultat je složene interakcije genotipskih osobina i agroekoloških uslova, pri čemu režim navodnjavanja i rok setve imaju ključnu ulogu.

Uticaj navodnjavanja na produktivne osobine ogleda se prvenstveno kroz povećanje mase klipa i ukupne biomase. Moteva et al. (2016) navode da u uslovima navodnjavanja metodom kap po kap dužina klipa superslatkih hibrida iznosi 17,8 cm, ukupna masa klipa 188,2 g, broj redova zrna 12,5, a masa svežeg zrna 92,3 g. Primena pune norme navodnjavanja povećava masu klipa na 229 g (povećanje od 110%), dok broj redova zrna ostaje relativno stabilan. Ovakvi rezultati ukazuju da navodnjavanje dominantno utiče na kvantitativne osobine prinosa (masa i veličina klipa), dok su osobine poput broja redova zrna u većoj meri genetski determinisane.

Značaj genotipa u određivanju pojedinih komponenti prinosa potvrđuju i Soare et al. (2019), koji navode da dužina klipa i broj redova zrna variraju između hibrida i rokova setve, pri čemu se broj redova najčešće kreće između 14 i 16. Isti autori ističu da je broj redova zrna više pod uticajem genotipa nego ekoloških faktora, što potvrđuju i Arash et al. (2011) i Erdal et al. (2011). Slične rezultate navode Mottaghi i Yazdanpanah (2025), koji ukazuju da određeni rokovi setve (npr. početak juna) mogu doprineti povećanju broja redova zrna (15–17), ali u ograničenoj meri u odnosu na genetski potencijal hibrida.

Rok setve ima značajan uticaj na formiranje produktivnih osobina, posebno u interakciji sa vodnim režimom. Soare et al. (2019) beleže varijacije u masi klipa u zavisnosti od roka setve, sa vrednostima od 127 g do 255 g u prvom roku i od 80 g do 245 g u drugom roku setve. Ove razlike povezane su sa uslovima tokom vegetacije i bujnošću hibrida. Khan et al. (2019) navode da kasniji rokovi setve (jul) mogu dovesti do povećanja dimenzija klipa, uključujući prečnik, dubinu i širinu zrna, kao i broj redova zrna, naročito u uslovima obezbeđenog navodnjavanja.

Međutim, suprotno tome, Ugur et al. (2015) ističu da odlaganje roka setve može dovesti do smanjenja mase klipa, posebno u uslovima bez navodnjavanja, što ukazuje na značaj optimalnog usklađivanja roka setve i dostupnosti vode. Kilinç et al. (2023) potvrđuju visoku statističku značajnost uticaja roka setve i izbora hibrida na dužinu klipa, uz značajnu interakciju ovih faktora ($p \leq 0,05$), dok je za prečnik klipa takođe utvrđena značajna interakcija.

Varijabilnost dužine klipa kao jedne od ključnih komponenti prinosa potvrđena je u brojnim istraživanjima. Oktem i Oktem (2006) ističu da dužina klipa zavisi od genetičkih i ekoloških faktora, dok Kara (2011) i Kula i Karadogan (2017) navode varijacije u rasponu od 10,2 do 14,0 cm u zavisnosti od uslova gajenja. Ağaçkesen i Öktem (2020) beleže veće vrednosti (17,3–20,2 cm), što ukazuje na značajan uticaj agroekoloških uslova i primenjene agrotehnike. Slične varijacije navode i Lushinger i Kamilo (2008).

Uticaj vodnog režima na produktivne osobine dodatno potvrđuju Nemeskéri et al. (2019), koji ističu pozitivan efekat navodnjavanja na dužinu klipa, dok deficit vlage dovodi do smanjenja ovog parametra (Afshar et al., 2014; Badr et al., 2021). Abuzar et al. (2011) i Tupajić et al. (2024a) navode da primena pune norme navodnjavanja (100% od PVK) dovodi do najvećih vrednosti komponenti prinosa, uključujući broj redova zrna i masu klipa.

Vodni deficit ima izražen negativan uticaj na produktivnost, što potvrđuje Datta et al. (2022), koji navode statistički značajno smanjenje prinosa u uslovima smanjene dostupnosti vode. Illés et al. (2022) ističu da primena navodnjavanja metodom kap po kap povećava vrednosti produktivnih osobina, dok Ertek et al. (2013) naglašavaju da puna norma navodnjavanja obezbeđuje stabilnu i visoku proizvodnju.

S druge strane, Karam et al. (2003) navode da se najniži prinosi ostvaruju u kontrolnim varijantama bez navodnjavanja, kako u ranijim, tako i u kasnijim rokovima setve, što potvrđuje ključnu ulogu vodnog režima u formiranju prinosa. Slične rezultate potvrđuju i

savremena istraživanja, gde su u oba roka setve najniže vrednosti produktivnih parametara zabeležene u uslovima bez navodnjavanja.

Na osnovu analiziranih istraživanja može se zaključiti da su produktivne karakteristike kukuruza šećerca rezultat kompleksne interakcije genotipa, režima navodnjavanja i roka setve. Dok genotip određuje osnovni potencijal komponenti prinosa, agroekološki faktori, posebno dostupnost vode i vreme setve, imaju presudan uticaj na realizaciju tog potencijala. Optimalno usklađivanje ovih faktora predstavlja osnov za postizanje visokog i stabilnog prinosa kukuruza šećerca.

3.7. Uticaj analiziranih faktora na sadržaj šećera i proteina

Hemijske karakteristike kukuruza šećerca, posebno sadržaj šećera i proteina, predstavljaju osnovne indikatore kvaliteta zrna i imaju direktan uticaj na njegovu nutritivnu i tehnološku vrednost. Ove osobine su rezultat složene interakcije genotipa i agroekoloških faktora, među kojima se posebno izdvajaju rok setve i režim navodnjavanja.

Kukuruz šećerac se bere u fazi mlečne zrelosti, najčešće 22–25 dana nakon oplodnje, kada je sadržaj šećera maksimalan. Nakon ovog perioda dolazi do intenzivne konverzije saharoze u skrob, što rezultira smanjenjem sadržaja lakorastvorljivih šećera i pogoršanjem senzornog kvaliteta zrna (Pajić et al., 2007; Lendenčan et al., 2020). Zbog toga je pravilan izbor vremena berbe od ključnog značaja za očuvanje kvaliteta proizvoda.

Sadržaj šećera predstavlja dominantan parametar kvaliteta i u najvećoj meri zavisi od genotipa. Brkić et al. (2003) i Mehta et al. (2017) ističu da genetska osnova određuje kapacitet akumulacije šećera, ali da je njegova konačna vrednost uslovljena i interakcijom sa spoljnim faktorima. Saharoza, kao najznačajniji šećer odgovoran za slatkoću, pokazuje najveće koncentracije kod super-slatkih (sh2) genotipova, dok se njena kvantifikacija najčešće vrši primenom HPLC metode (tačna hromatografija visokih performansi) (ICUMSA, 2009).

Interakcija genotipa i roka setve ima značajan uticaj na sadržaj šećera. Mehta et al. (2017a) su utvrdili da se maksimalna slatkoća postiže oko 24 dana nakon oplodnje, pri čemu različiti hibridi različito reaguju na vreme setve. Kod super-slatkih hibrida, maksimalne vrednosti lakorastvorljivih šećera zabeležene su već oko 20 dana nakon oplodnje (Pajić et al., 2007), što ukazuje na razlike u dinamici akumulacije i degradacije šećera između genotipova.

Značajan uticaj vremena setve na sadržaj šećera potvrđuju Kara et al. (2012) i Abadi et al. (2019), koji navode da optimalni rokovi setve omogućavaju veću akumulaciju saharoze, pre svega zbog povoljnijih temperaturnih i vodnih uslova tokom nalivanja zrna. Subaedah et al. (2021) su utvrdili da se sadržaj šećera, izražen u °Brix, kreće u rasponu od 19,50 do 24,50, pri čemu izbor hibrida i vreme berbe imaju statistički značajan uticaj.

Navodnjavanje takođe ima značajan uticaj na hemijski sastav zrna, pre svega kroz regulaciju fizioloških procesa u biljci. Ertek i Kara (2013) navode da smanjene norme navodnjavanja mogu dovesti do povećanja sadržaja šećera u zrnu, što je potvrđeno i istraživanjima Dickert i Tracy (2001). Ovaj efekat se objašnjava koncentracionim efektom i promenama u metabolizmu ugljenih hidrata u uslovima blagog vodnog stresa.

Rezultati istraživanja ukazuju da redukovani režimi navodnjavanja (npr. 50% od pune norme) mogu doprineti povoljnijem odnosu između prinosa i kvaliteta, odnosno povećanju sadržaja šećera uz prihvatljivo smanjenje prinosa. U istraživanju Tupajić et al. (2024), hibrid Sweet Nugget ostvario je najveći sadržaj ukupnih šećera i saharoze u uslovima prirodnog vlaženja, što ukazuje na njegovu sposobnost akumulacije šećera u uslovima vodnog stresa.

Pored šećera, sadržaj proteina predstavlja važan aspekt nutritivne vrednosti kukuruza šećerca, posebno u kontekstu sve veće potražnje za biljnim proteinima u ljudskoj ishrani (Mariotti et al., 2008; Šević et al., 2025). Sadržaj proteina u zrnu kukuruza šećerca u tehnološkoj (mlečnoj) zrelosti najčešće se kreće u rasponu od 2,5 do 4,5% na svežu masu, odnosno približno 10–15% na suhu materiju, u zavisnosti od genotipa i uslova gajenja. Nikolić et al. (2023) su utvrdili značajnu varijabilnost u sadržaju proteina između inbred linija kukuruza, što potvrđuje značaj genetičke osnove. Muslimah et al. (2023) i Šević et al. (2025) ističu da genotip ima presudan uticaj na sadržaj proteina, dok faktori poput navodnjavanja i roka setve imaju sekundarni efekat.

Vivek et al. (2008) naglašavaju značaj selekcije u cilju povećanja sadržaja proteina, dok Burhan et al. (2016) navode da redukovano navodnjavanje može doprineti poboljšanju mineralnog sastava zrna, što indirektno utiče na nutritivni kvalitet.

Na osnovu navedenih istraživanja može se zaključiti da hemijske karakteristike kukuruza šećerca predstavljaju rezultat kompleksne interakcije genotipa, roka setve i režima navodnjavanja. Dok genotip određuje osnovni potencijal akumulacije šećera i proteina, agroekološki faktori modulišu njihovu konačnu vrednost. Optimalno upravljanje ovim faktorima omogućava postizanje balansa između visokog prinosa i željenog kvaliteta zrna.

3.8. Interakcije faktora na proizvodne i hemijske osobine kukuruza šećerca

Interakcije između režima navodnjavanja, roka setve i genotipa predstavljaju ključni faktor u određivanju morfoloških, produktivnih i hemijskih karakteristika kukuruza šećerca. Ovi faktori ne deluju izolovano, već kroz složene međusobne odnose koji značajno utiču na prinos i kvalitet zrna. Brojna istraživanja potvrđuju da su ove interakcije statistički značajne za većinu ispitivanih parametara (Rahmani et al., 2016; Dekhane and Dumbre, 2017; Shibzukhov et al., 2021).

Interakcija između roka setve i režima navodnjavanja ima posebno izražen uticaj na komponente prinosa. Tupajić et al. (2024b) potvrđuju da kombinacija ovih faktora značajno utiče na masu klipa, broj zrna i randman. U uslovima optimalnog vodnog režima, naročito pri primeni pune norme navodnjavanja, biljke ostvaruju maksimalan vegetativni razvoj i veći potencijal za formiranje prinosa, posebno u ranijim rokovima setve (Badr et al., 2021).

Sa druge strane, interakcija između genotipa i roka setve ima značajan uticaj na morfološke i produktivne osobine. Kilinç et al. (2023) navode da je ova interakcija statistički značajna za visinu biljke, visinu do prvog klipa, kao i za dužinu i prečnik klipa. Ovi rezultati ukazuju da različiti hibridi različito reaguju na vremenske uslove tokom vegetacije, što zahteva pažljivo usklađivanje izbora genotipa i roka setve.

Hemijske karakteristike, posebno sadržaj šećera, takođe su pod snažnim uticajem interakcije faktora. Mehta et al. (2017) ističu da genotip u interakciji sa vremenom setve ima veoma značajan uticaj na sadržaj ukupnih šećera, dok rezultati Tupajić et al. (2024) pokazuju da smanjena norma navodnjavanja može dovesti do povećanja sadržaja saharoze. Ovi nalazi ukazuju na postojanje kompromisa između prinosa i kvaliteta, gde blagi vodni stres može stimulisati akumulaciju šećera, ali uz potencijalno smanjenje prinosa.

Za razliku od šećera, sadržaj proteina u zrnu u većoj meri zavisi od genotipa nego od spoljašnjih faktora. Muslimah et al. (2023) ističu dominantan uticaj genetske osnove na sadržaj proteina, dok agrotehničke mere imaju ograničen efekat. Ipak, interakcija faktora može indirektno uticati na raspodelu azota i sintezu proteina kroz promene u fiziološkim procesima biljaka.

Uticaj vodnog režima posebno dolazi do izražaja u kritičnim fazama razvoja biljaka. Wang et al. (2023) navode da vodni deficit tokom naliivanja zrna dovodi do smanjenja broja i mase zrna, što potvrđuju i druga istraživanja (Cheabu et al., 2018; Butts-Vilmsmeier et al., 2019; Shao et al., 2021; Yasin et al., 2022). Ovi efekti dodatno naglašavaju značaj pravilnog upravljanja navodnjavanjem u kombinaciji sa drugim agrotehničkim merama.

Korelacione analize dodatno objašnjavaju međusobne odnose između komponenti prinosa i kvaliteta. Tupajić et al. (2024) navode da je dubina zrna u pozitivnoj korelaciji sa masom klipa i randmanom, dok broj redova zrna pokazuje slabiju povezanost sa randmanom. Takođe, veće vrednosti sadržaja suve materije utvrđene su u drugom roku setve (32–36%) u poređenju sa prvim (30–34%), što ukazuje na uticaj agroekoloških uslova na akumulaciju suve materije.

Razlike između rezultata pojedinih istraživanja, poput odstupanja u odnosu na rezultate Kara et al. (2012), mogu se objasniti specifičnostima klimatskih uslova i tipa zemljišta, što dodatno potvrđuje značaj lokalnih agroekoloških faktora u interpretaciji rezultata (Tupajić et al., 2024).

Sa praktičnog aspekta, rezultati ukazuju da određene kombinacije faktora, poput kasnijeg roka setve uz redukovanu normu navodnjavanja, mogu biti ekonomski opravdane, jer omogućavaju zadovoljavajući prinos uz povećan kvalitet i efikasnije korišćenje vode.

U uslovima klimatskih promena, značaj ovih interakcija dodatno se povećava. Prilagođavanje tehnologije gajenja kroz optimizaciju režima navodnjavanja (Illés et al., 2022), izbor adekvatnog roka setve (Banotra et al., 2021; Kılınç et al., 2023) i pravilan izbor genotipa predstavlja ključnu strategiju za postizanje stabilnih i visokih prinosa uz očuvanje kvaliteta zrna. Nedostatak vode ostaje jedan od glavnih ograničavajućih faktora, sa izraženim negativnim uticajem na komponente prinosa (Datta et al., 2022; Karam et al., 2003).

Na osnovu prikazanih rezultata dosadašnjih istraživanja može se zaključiti da su pojedinačni uticaji režima navodnjavanja, roka setve i genotipa kukuruza šećerca u značajnoj meri proučeni. Međutim, znatno manji broj istraživanja bavi se njihovim međusobnim interakcijama, posebno u specifičnim agroekološkim uslovima kakvi vladaju u Podunavskom regionu Srbije. Ovaj nedostatak dolazi do izražaja naročito u uslovima klimatskih promena, koje dovode do povećane varijabilnosti vodnog i temperaturnog režima i dodatno komplikuju proizvodnju ove vrste.

Takođe, u literaturi je nedovoljno zastupljen integrisani pristup koji istovremeno obuhvata morfološke, produktivne i hemijske karakteristike kukuruza šećerca u zavisnosti od kombinovanog delovanja ključnih proizvodnih faktora. Posebno je ograničen broj istraživanja koja se odnose na efikasnost redukovanih režima navodnjavanja u funkciji očuvanja prinosa i unapređenja kvaliteta, kao i na mogućnosti produženja perioda berbe kroz kombinovanje različitih rokova setve.

Sagledavanje ovih međusobnih odnosa i identifikacija optimalnih proizvodnih rešenja predstavljaju važan naučni i praktični izazov, što ukazuje na potrebu za daljim istraživanjima u ovoj oblasti.

4. RADNE HIPOTEZE

4.1. Opšta hipoteza

Osnovna hipoteza istraživanja je da optimizacija režima navodnjavanja i roka setve, u interakciji sa genotipom, omogućava statistički značajno unapređenje morfoloških, proizvodnih i hemijskih karakteristika kukuruza šećerca u agroekološkim uslovima Podunavskog regiona Srbije.

4.1.1. Posebne hipoteze

- Pretpostavlja se da će različiti režimi navodnjavanja imati statistički značajan uticaj na morfološke, proizvodne i hemijske karakteristike kukuruza šećerca u odnosu na prirodni režim vlaženja.

- Očekuje se da će primena pune i redukovane norme navodnjavanja (50% od pune norme) rezultirati statistički značajno boljim vrednostima većine ispitivanih parametara u poređenju sa kontrolom, u oba roka setve.

- Pretpostavlja se da će rok setve značajno uticati na ispitivane osobine, tako da će isti hibrid ispoljiti različite vrednosti analiziranih parametara u zavisnosti od termina setve, čak i pri istom režimu navodnjavanja.

- Očekuje se da će genotipske razlike između hibrida imati statistički značajan uticaj na sve ispitivane osobine, pri čemu će hibridi standardne slatkoće (su) i super-slatki hibridi (sh2) pokazati različite proizvodne i kvalitativne karakteristike.

- Pretpostavlja se da će sadržaj saharoze značajno varirati u zavisnosti od genotipa, režima navodnjavanja i roka setve, kao i njihove međusobne interakcije.

- Očekuje se da će sadržaj ukupnih proteina u zrnu biti pod značajnim uticajem genotipa i režima navodnjavanja, uz izražene interakcione efekte ovih faktora.

- Pretpostavlja se da će postojati statistički značajne interakcije između režima navodnjavanja, roka setve i genotipa, koje će imati značajan uticaj na stabilnost prinosa i kvalitet kukuruza šećerca.

5. ZNAČAJ ISTRAŽIVANJA

Značaj ovog istraživanja ogleda se u proširenju naučnih saznanja o uticaju režima navodnjavanja, roka setve i genotipa na morfološke, proizvodne i hemijske karakteristike kukuruza šećerca u uslovima promenljivog vodnog režima.

Poseban doprinos rada ogleda se u sledećem:

- Kvantifikacija pojedinačnih i interakcionih efekata režima navodnjavanja, roka setve i genotipa na ključne parametre rasta, prinosa i kvaliteta kukuruza šećerca;
- Definisanje optimalnih kombinacija agrotehničkih mera (režim navodnjavanja × rok setve × hibrid) za postizanje visokog i stabilnog prinosa u agroekološkim uslovima Podunavskog regiona;
- Unapređenje saznanja o uticaju redukovano navodnjavanja na efikasnost korišćenja vode i kvalitet zrna, sa posebnim osvrtom na sadržaj saharoze i proteina;
- Utvrđivanje genotipskih razlika između hibrida standardne slatkoće i super-slatkih hibrida u pogledu reakcije na vodni režim i rok setve;
- Doprinos razumevanju odnosa između morfoloških osobina, komponenti prinosa i hemijskog sastava zrna u različitim uslovima gajenja;
- Formiranje naučne osnove za racionalnije upravljanje vodnim resursima u proizvodnji kukuruza šećerca u uslovima klimatskih promena;
- Razvoj preporuka za unapređenje tehnologije gajenja kukuruza šećerca, uključujući mogućnosti produženja perioda berbe kroz kombinovanje rokova setve i režima navodnjavanja.

Rezultati istraživanja predstavljaju osnovu za dalja istraživanja u oblasti optimizacije proizvodnje kukuruza šećerca u uslovima klimatskih promena.

Pored naučnog, istraživanje ima i izražen praktični značaj, jer doprinosi unapređenju proizvodnje kroz primenu optimalnih agrotehničkih mera, povećanje efikasnosti korišćenja vode i poboljšanje kvaliteta proizvoda.

6. MATERIJAL I METODE RADA

6.1. Lokacija ogleda

Trogodišnji ogled tokom tri vegetacione sezone kukuruza šećerca (2021–2023. godine) postavljen je na poljoprivrednom dobru firme „Superior DOO“ u selu Bresje kod Velike Plane (44°20' N; 21°01' E, 144 m nm) (Slika 1).



Slika 1. Lokacija eksperimenta: Selo Bresje kod Velike Plane, Srbija na katastarskoj parceli broj 3081(Izvor: GeoSrbija)

Kukuruz šećerac gajen je na standardan način u gustini useva od 65.000 biljaka·ha⁻¹ (70 × 22 cm). Priprema zemljišta za redovnu setvu kukuruza šećerca počinjala je sa jesenjim oranjem i prolećnom predsetvenom pripremom, dok su se u postrnoj proizvodnji nakon žetve pšenice odmah obavljalo oranje i predsetvena priprema. Đubrenje kukuruza šećerca definisano je nakon hemijske analize zemljišta koja je urađena u laboratoriji Poljoprivredne savetodavne i stručne službe Smederevo (Tabela 6) i obavljalo se mineralnim đubrivima.

Borba protiv korova na ogledu je sprovedena ručno – okopavanjem. U toku same vegetacione sezone ogled je tretiran hemijskim sredstvima za zaštitu biljaka od bolesti i štetočina. Posebna pažnja je posvećena monitoringu najznačajnije štetočine kukuruza šećerca, kukuruznom plamencu (*Ostrinia nubilalis*).

6.2. Eksperimentalni dizajn

Ogled je izveden u četiri ponavljanja sa ciljem ispitivanja uticaja navodnjavanja, roka setve i hibrida na morfološke, proizvodne i hemijske osobine kukuruza šećerca. Faktorska struktura ogleda sa definisanim nivoima ispitivanih faktora prikazana je u Tabeli 1.

U istraživanju su ispitivana tri nivoa navodnjavanja (N0, N50 i N100), dva roka setve (R1 i R2) i tri hibrida kukuruza šećerca (Enterprise F1, Union F1 i Sweet Nugget F1). U okviru svakog roka setve ogled je obuhvatao devet tretmana formiranih kombinovanjem tri nivoa navodnjavanja i tri hibrida (3×3). Ista faktorska struktura primenjena je u oba roka setve tokom sve tri godine istraživanja, tako da je u okviru celokupnog istraživanja analizirano 18 kombinacija faktora navodnjavanje $\times$ rok setve $\times$ hibrid ($3 \times 2 \times 3$).

Istraživanje je sprovedeno u oba roka setve, pri čemu je u svakom roku primenjena identična eksperimentalna postavka sa četiri ponavljanja. U okviru svakog ponavljanja bili su zastupljeni svi tretmani definisani kombinacijom nivoa navodnjavanja i hibrida. Između susednih eksperimentalnih parcela posejani su zaštitni redovi kukuruza šećerca radi smanjenja međusobnog uticaja tretmana i obezbeđivanja pouzdanosti eksperimentalnih rezultata. Ukupna površina ogleda iznosila je 26 ari.

Okvako definisana faktorska struktura omogućila je analizu pojedinačnih efekata navodnjavanja, roka setve i hibrida, kao i njihovih međusobnih interakcija.

Tabela 1. Faktorska struktura ogleda kukuruza šećerca

Faktor	Oznaka	Nivoi faktora
Navodnjavanje	N	N0 – kontrola (prirodni režim vlaženja) N50 – redukovana norma (50% od pune) N100 – puna norma navodnjavanja
Rok setve	R	R1 – prvi, redovni rok (kraj aprila – početak maja) R2 – drugi, postrni rok (početak jula)
Hibrid	H	H1 – Enterprise F ₁ H2 – Union F ₁ H3 – Sweet Nugget F ₁

6.3. Navodnjavanje

Navodnjavanje je obavljano metodom „kap po kap“, korišćenjem traka kapaciteta $10 \text{ l} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ postavljenih na međuredni razmak od 70 cm.

Primenjena su tri režima vlaženja:

- kontrola – prirodni režim vlaženja,
- redukovana norma – 50% od pune norme,
- puna norma navodnjavanja.

Puna norma navodnjavanja određivana je kao razlika između poljskog vodnog kapaciteta (PVK) i trenutne vlažnosti zemljišta, pomnožena dubinom aktivnog sloja zemljišta. Norma zalivanja izračunavana je prema sledećoj formuli:

$$N_z = 10 \cdot D \cdot (PVK - \theta_z)$$

gde je:

- Nz – norma zalivanja (mm),
- Faktor 10 - predstavlja konverziju volumetrijskog sadržaja vode (%) u milimetre vode po sloju zemljišta,
- D – dubina aktivnog sloja zemljišta (m),
- PVK – poljski vodni kapacitet (% vol.),
- θ_z – trenutna vlažnost zemljišta (% vol.).

Redukovana norma određivana je kao 50% pune norme.

Trajanje zalivanja određivano je na osnovu odnosa norme zalivanja i proticaja trake ($10 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$). Trajanje zalivanja za redukovani tretman dobijano je kao polovina trajanja zalivanja za punu normu.

U cilju sprečavanja lateralnog kretanja vode i međusobnog uticaja tretmana, između parcela su postojali izolacioni redovi (buffer zone). Vlažnost zemljišta određivana je na osnovu retencione krive zemljišta.

U cilju preciznog upravljanja vodnim režimom useva, navodnjavanje je tokom vegetacionih sezona realizovano u više navrata, u zavisnosti od trenutnog sadržaja vode u zemljištu i potreba biljaka. Dinamika primene navodnjavanja, uključujući datume zalivanja i primenjene norme, prikazana je u Tabeli 2.

Tabela 2. Datumi i norme zalivanja tokom perioda istraživanja

Godina	I rok setve			II rok setve		
	Datum zalivanja	Puna norma zalivanja (mm)	Redukovana norma zalivanja (mm)	Datum zalivanja	Puna norma zalivanja (mm)	Redukovana norma zalivanja (mm)
2021.	07.05. 2021.	20	10	05.07.2021.	22	11
	11.05.2021.	15	7,5	08.07.2021.	17	8,5
	29.05.2021.	24	12	13.07.2021.	20	10
	06.06.2021.	21	10,5	29.07.2021.	14	7
	09.06.2021.	14	7	03.08.2021.	21	10,5
	19.06.2021.	27	13,5	06.08.2021.	19	8,5
	23.06.2021.	26	13	09.08.2021.	12	6
	29.06.2021.	19	9,5	13.08.2021.	33	16,5
	05.07.2021.	22	11	17.08.2021.	16	8
	08.07.2021.	17	8,5	22.08.2021.	21	10,5
	13.07.2021.	20	10	04.09.2021.	18	9
	29.07.2021.	14	7	08.09.2021.	16	8
	03.08.2021.	21	10,5	14.09.2021.	15	7,5
	Norma navodnjavanja (mm)	260	130	Norma navodnjavanja (mm)	244	122
2022.	05.05.2022.	25	12,5	03.07.2022.	17	8,5
	09.05.2022.	18	9	15.07.2022.	33	16,5
	14.05.2022.	15	7,5	19.07.2022.	19	9,5
	17.05.2022.	10	5	23.07.2022.	17	8,5
	25.05.2022.	20	10	27.07.2022.	26	13
	20.06.2022.	23	12,5	06.08.2022.	25	12,5

	30.06.2022.	29	14,5	11.08.2022.	22	11
	03.07.2022.	17	8,5	19.08.2022.	34	17
	15.07.2022.	33	16,5	08.09.2022.	15	7,5
	19.07.2022.	19	9,5	14.09.2022.	21	10,5
	23.07.2022.	17	8,5			
	27.07.2022.	26	13			
	Norma navodnjavanja (mm)	252	127	Norma navodnjavanja (mm)	229	114,5
2023.	08.05.2023.	20	10	11.07.2023.	20	10
	30.05.2023.	16	8	15.07.2023.	36	18
	04.06.2023.	19	9,5	18.07.2023.	23	11,5
	09.06.2023.	21	10,5	01.08.2023.	17	8,5
	23.06.2023.	25	12,5	14.08.2023.	22	11
	26.06.2023.	18	9	20.08.2023.	19	9,5
	11.07.2023.	20	10	23.08.2023.	20	10
	15.07.2023.	36	18	26.08.2023.	15	7,5
	18.07.2023.	23	11,5	29.08.2023.	23	11,5
	01.08.2023.	17	8,5	06.09.2023.	13	6,5
				10.09.2023.	20	10
				14.09.2023.	18	9
				19.09.2023.	22	11
	Norma navodnjavanja (mm)	215	107,5	Norma navodnjavanja (mm)	268	134
Ukupna norma navodnjavanja (mm)		727	363,5	Ukupna norma navodnjavanja (mm)	741	370,5

Tokom sve tri godine istraživanja, kao i u oba roka setve, zalivanje je vršeno u skladu sa očitanim vrednostima vlažnosti zemljišta i definisanim pragom od 60% poljskog vodnog kapaciteta. U skladu sa tim, broj zalivanja i primenjene količine vode varirali su između godina, što je uslovljeno razlikama u klimatskim uslovima, pre svega količinom i rasporedom padavina i temperaturom vazduha.

6.4. Rok setve

U tabeli 3. prikazani su datumi setve, oplodnje i berbe kukuruza šećerca u svim ispitivanim godinama u oba roka setve.

Tabela 3. Datumi setve po godinama istraživanja

Godina	I rok setve	I rok setve, Oplodnja	I rok setve, Berba	II rok setve	II rok setve, Oplodnja	II rok setve, Berba
2021.	07.05.	29.06.-12.07.	21.07.-05.08.	02.07.	16.08.-23.08.	09.09.-18.09.
2022.	29.04.	25.06.-04.07.	19.07.-29.07.	01.07..	14.08.-26.08.	07.09.-19.09.
2023.	08.05.	03.07.-15.07.	29.07.-06.08.	03.07.	15.08.-26.08.	07.09.-20.09.

6.5. Hibridi

U ogledu su ispitivana tri hibrida, dva standardne slatkoće i jedan super slatki hibrid kukuruza šećerca:

1. Hibrid Enterprise F₁ – hibrid kukuruza šećerca standardne slatkoće široko adaptibilan za sve rokove setve, pune vegetacije od 85 dana. Formira visoku biljku sa jakom stabljikom.

2. Hibrid Union F₁ – trolinijski hibrid kukuruza šećerca standardnog kvaliteta. Klip je dug, a biljka je bujnog rasta. Sazreva za oko 90 dana.

3. Hibrid Sweet nugget F₁ – najraniji hibrid super slatkog kukuruza šećerca na tržištu sa periodom sazrevanja 65-68 dana. Biljka je srednje bujna sa kraćom, ali vrlo čvrstom stabljikom, srednje krupnih klipova.

6.6. Analize zemljišta

Za potrebe određivanja vodno-fizičkih i hemijskih osobina zemljišta otvoren je pedološki profil na reprezentativnom delu ogledne parcele.

Uzorci zemljišta uzeti su u narušenom i nenarušenom stanju po slojevima, a određivane su sledeće osobine:

- hidrolimiti zemljišta (MVK, PVK, LKV, VV),
- zapreminska masa zemljišta (ρ_b),
- mehanički sastav,
- raspoloživa voda u zemljištu.

Sve analize su izvršene standardnim laboratorijskim metodama.

Hemijska analiza zemljišta obuhvatila je određivanje:

- sadržaja humusa,
- ukupnog azota,
- pristupačnog fosfora (P_2O_5),
- pristupačnog kalijuma (K_2O),
- pH vrednosti zemljišta.

Na osnovu rezultata hemijske analize izvršeno je đubrenje mineralnim đubrivima. Pre postavljanja ogleda sprovedena je i kalcifikacija zemljišta, kao i unošenje stajnjaka radi poboljšanja plodnosti i strukture zemljišta.

6.7. Klimatski podaci

Za analizu klimatskih uslova korišćeni su podaci sa najbliže meteorološke stanice Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije (Smederevska Palanka), kao i podaci dobijeni sa data logera postavljenih na oglednoj parceli.

Praćeni su osnovni meteorološki parametri tokom vegetacionog perioda (april–septembar), uključujući temperaturu vazduha i količinu padavina.

6.8. Praćenje dinamike sadržaja vode u zemljištu

Dinamika sadržaja vode u zemljištu praćena je tokom vegetacionog perioda kukuruza šećerca u oba roka setve, u sloju zemljišta do dubine od 0,35 m, tokom 2021, 2022. i 2023. godine.

Sadržaj vode u zemljištu određivan je na osnovu merenja vlažnosti zemljišta pomoću tenziometara, kao i bilansnim pristupom koji je uključivao podatke o padavinama i količinama vode dodate navodnjavanjem.

Praćenje je vršeno u kontinuitetu tokom vegetacije, u intervalima od tri do četiri dana, a dobijene vrednosti izražene su u milimetrima (mm) i organizovane kao vremenske serije u skladu sa dinamikom vegetacionog perioda.

6.9. Uzorkovanje i analiza morfoloških, proizvodnih i hemijskih osobina

U toku vegetacije, nakon cvetanja, a pre berbe klipova, izvršeno je uzorkovanje biljaka radi analize morfoloških osobina. Uzorkovanje je vršeno slučajnim izborom po pet biljaka u sva četiri ponavljanja, za svaki tretman i svaki hibrid, čime je ukupno analizirano dvadeset biljaka po tretmanu.

Na odabranim biljkama određivani su sledeći parametri: ukupna visina biljke, visina biljke do prvog klipa, broj listova do prvog klipa, ukupan broj listova, broj klipova, broj zaperaka, prosečna visina zaperaka i ukupan broj listova na zaperku.

Berba klipova obavljena je u periodu 22–25 dana nakon oplodnje. Uzorkovanje klipova vršeno je nasumičnim odabirom iz srednjih redova, pri čemu je uzimano po pet klipova po ponavljanju, odnosno ukupno dvadeset klipova po tretmanu.

Na dan berbe izvršena je analiza klipova, pri čemu su određivani sledeći parametri: broj ovojnih listova (klipolisti), dužina klipa, prečnik klipa, broj redova zrna, dubina zrna, ukupna masa klipa, masa zrna, masa kočana i randman zrna.

Morfološke i proizvodne osobine analizirane su u laboratoriji za oplemenjivanje „Superior“ DOO.

6.10. Hemijske analize

Hemijske osobine ispitivanih hibrida određivane su tokom 2023. godine. Za svaki hibrid, u oba roka setve i u sva tri režima navodnjavanja, formiran je prosečan uzorak od 100 g svežeg zrna, koji je istog dana zamrznut do momenta analize. Prosečan uzorak dobijen je homogenizacijom ukupne količine zrna prikupljene po tretmanu.

Na uzorcima su, u tri ponavljanja, određivani ukupan sadržaj šećera, sadržaj saharoze i ukupan sadržaj proteina primenom standardnih laboratorijskih metoda.

Određivanje sadržaja ukupnih šećera i saharoze izvršeno je volumetrijski, metodom po Luf-Šurlu (Luff-Schoorl). Metoda se zasniva na redukciji bakar(II)-sulfata iz Lufovog rastvora do bakar(I)-oksida u prisustvu redukujućih šećera. Prvenstveno je određen sadržaj redukujućih šećera, a zatim je saharoza, kao neredukujući disaharid, hidrolizovana na redukujuće monosaharide (invertni šećer) i na taj način je dobijen sadržaj ukupnih šećera. Iz razlike sadržaja šećera posle i pre inverzije određen je sadržaj invertnog šećera, dok je množenjem ovog sadržaja faktorom 0,95 dobijen sadržaj saharoze.

Ispitivanje sadržaja ukupnih šećera i saharoze urađeno je u laboratoriji za kontrolu kvaliteta poljoprivrednih i prehrambenih proizvoda Agronomskog fakulteta u Čačku.

Sadržaj ukupnih proteina određen je metodom po Kjeldalu, koja se zasniva na određivanju ukupnog azota u uzorku. Metoda obuhvata tri faze: digestiju, destilaciju i titraciju. Nakon razaranja uzorka koncentrovanom sumpornom kiselinom u prisustvu katalizatora, oslobođeni amonijak se destilacijom uvodi u rastvor borne kiseline i određuje titracijom. Sadržaj proteina izračunat je množenjem sadržaja azota faktorom 6,25. Analize proteina izvršene su u laboratoriji Istraživačko-razvojnog instituta „Tamiš“ u Pančevu.

6.11. Statistička analiza

Dobijeni rezultati statistički su obrađeni primenom odgovarajućih statističkih metoda i prikazani tabelarno i grafički. Statistička analiza podataka izvršena je korišćenjem softverskog paketa IBM SPSS Statistics, verzija 26.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA), dok je za grafičku vizualizaciju rezultata i analizu interakcija između faktora korišćen Minitab Statistical Software (Trial version).

Za procenu uticaja ispitivanih faktora primenjena je analiza varijanse (ANOVA) za trofaktorski ogled, pri čemu su kao faktori obuhvaćeni navodnjavanje, rok setve i hibrid, kao i njihove međusobne interakcije. Statistička značajnost razlika između srednjih vrednosti određivana je na nivoima značajnosti $p \leq 0,05$ i $p \leq 0,01$. Pre primene analize varijanse testirane su pretpostavke normalnosti raspodele i homogenosti varijansi odgovarajućim statističkim testovima.

Za poređenje srednjih vrednosti između tretmana primenjen je LSD test (Least Significant Difference), a rezultati su predstavljeni kao srednje vrednosti za trogodišnji period istraživanja.

U cilju detaljnije interpretacije rezultata korišćeni su intervalni grafici, koji prikazuju promene srednjih vrednosti u zavisnosti od posmatranih faktora uz 95% interval poverenja, kao i interakcijski grafici, koji omogućavaju uvid u međusobni uticaj faktora i prisustvo njihovih interakcija.

Pored toga, primenjena je Pirsonova korelaciona analiza radi utvrđivanja povezanosti između proučavanih morfoloških, proizvodnih i hemijskih osobina, pri čemu su jačina i smer povezanosti izraženi koeficijentom korelacije (r), čije se vrednosti kreću u rasponu od -1 do $+1$.

7. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Agroekološki uslovi tokom izvođenja ogleda, uključujući klimatske faktore, osobine zemljišta i dinamiku sadržaja vode u zemljištu, predstavljaju osnovni okvir za interpretaciju dobijenih rezultata. Njihov uticaj reflektuje se na varijabilnost morfoloških i produktivnih osobina hibrida kukuruza šećerca, kao i na promene u hemijskom sastavu zrna, naročito u uslovima različitih režima navodnjavanja i rokova setve.

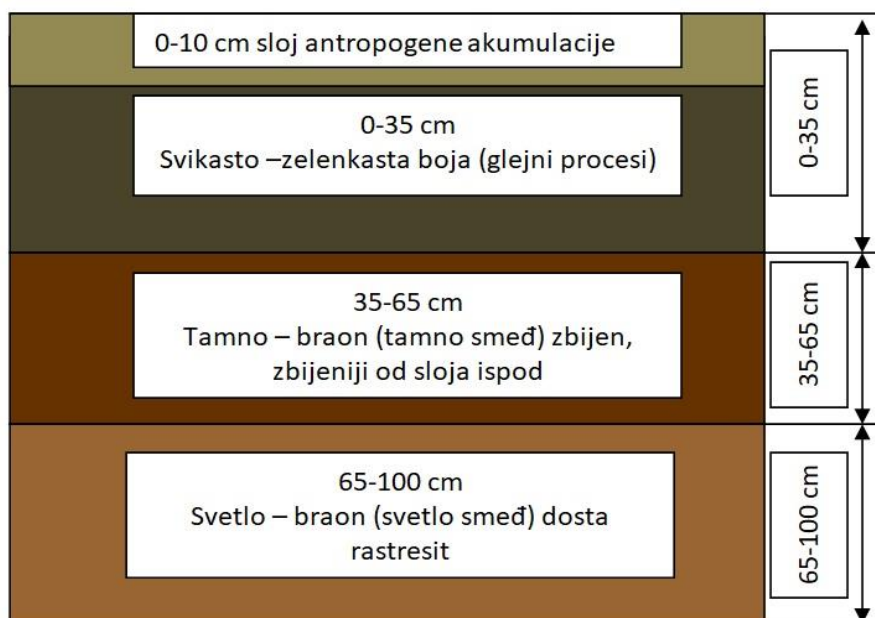
Dobijeni rezultati ukazuju na izraženu varijabilnost ispitivanih osobina, pri čemu genetički faktor (hibrid) ima dominantnu ulogu u njihovom ispoljavanju, ali je njegov efekat značajno modifikovan uslovima spoljne sredine. Posebno se izdvajaju uticaji vodnog režima zemljišta i rokova setve, koji u interakciji sa genotipom uslovljavaju diferencijaciju u nivou prinosa i kvalitativnih parametara zrna.

Sagledavanje međusobnih odnosa ovih faktora omogućava potpunije razumevanje proizvodnog potencijala kukuruza šećerca, kao i definisanje optimalnih agrotehničkih mera u cilju postizanja stabilnog prinosa i unapređenja kvaliteta, uključujući i hemijski sastav zrna kao značajnu komponentu njegove upotrebne vrednosti.

7.1. Agroekološki uslovi istraživanja

7.1.1. Zemljište

Opisom pedološkog profila utvrđeno je da je zemljište ogledne parcele sklono prevlaživanju. U površinskom sloju zemljišta (0–10 cm) nisu uočeni izraženi procesi usled prevlaživanja. Zemljište je rastresito, glinovito-ilovastog teksturnog sastava, slabo karbonatno, uz prisutne antropogene uticaje.



Slika 2. Opis pedološkog profila po slojevima (izvor: autor)

U sloju od 10 do 35 cm uočeni su izraženi glejni procesi, što se dovodi u vezu sa višegodišnjim intenzivnim vlaženjem zemljišta. Naime, do 2020. godine parcela je bila prekrivena agro-tekstilom sa sadnicama borovnice u saksijama koje su intenzivno navodnjavane orošavanjem i đubrene. Zemljište u ovom sloju je glinovito, zbijeno,

bezstrukturno, beskarbonatno, plavkasto-zelenkaste boje. Takođe su uočeni ostaci cigle, kao i nerazloženi biljni ostaci kukuruzovine na dubini od 15–20 cm, što ukazuje na prisustvo anaerobnih uslova, moguće povećanu kiselost zemljišta ili nedostatak azota (Slika 2).

U sloju od 35 do 65 cm zapaženi su procesi zaruđivanja. Zemljište je svetlo smeđe boje, glinovito-ilovaste teksture, manje zbijeno u odnosu na prethodni sloj, beskarbonatno, sa prisutnim tragovima korena biljaka.

Tabela 4. Mehanički sastav ispitivanog zemljišta

Sloj	Dubina (cm)	Sadržaj mehaničkih frakcija u % na masu suvog zemljišta				Teksturna klasa zemljišta po američkoj (USDA) klasifikaciji
		Pesak		Prah	Glina	
		krupan	sitan			
		2,00-0,20 mm	0,20-0,05 mm	0,05-0,002 mm	< 0,002 mm	
1	0-10	13,4	19,3	44,2	23,1	Ilovača
2	0-35	6,7	8,2	52,9	32,2	Praškasto glinasta ilovača
3	35-65	1,6	3,6	51,6	43,2	Praškasta glinuša
4	65-100	1,3	3,1	54,4	41,2	Praškasta glinuša

Na dubini od 65 do 100 cm zemljište je žućkasto-smeđe boje, ilovasto do glinovito-ilovaste teksture, manje zbijeno u odnosu na prethodne slojeve i beskarbonatno (Tabela 4).

Na osnovu mehaničkog sastava utvrđeno je da zemljište pripada tipu antropogenih zemljišta teksturne klase praškasto glinovite ilovače u zoni aktivne rizosfere prema USDA klasifikaciji. Prosečan sadržaj mehaničkih frakcija iznosio je 34,9% gline, 50,8% praha i 7,2% peska.

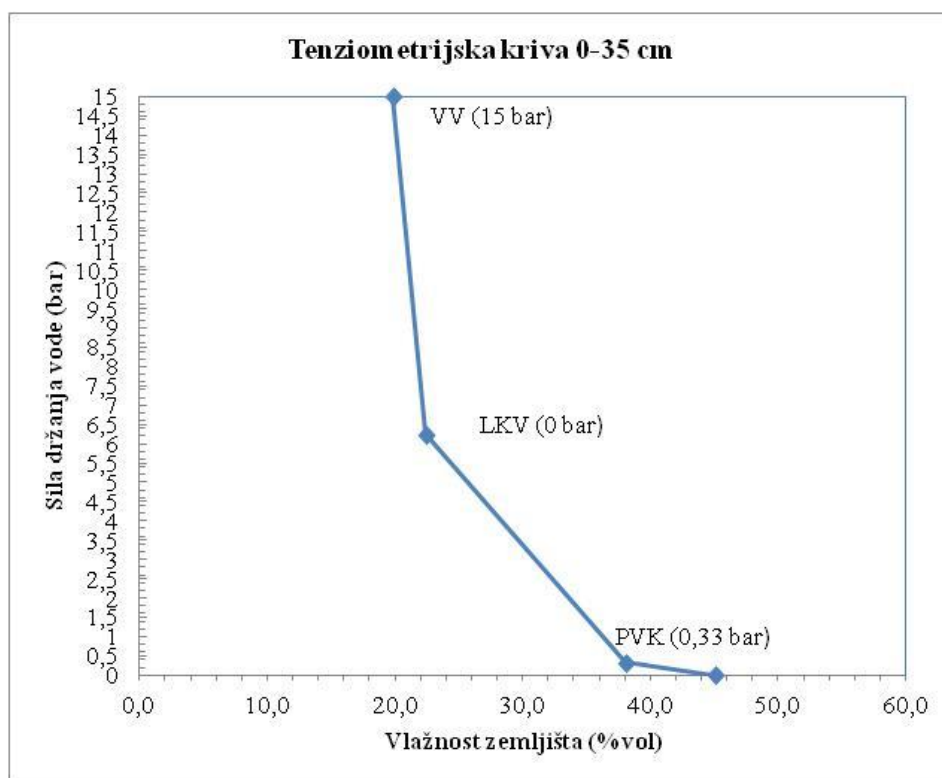
Vodno–vazdušne osobine zemljišta ukazuju na visok sadržaj vode pri maksimalnom i poljskom vodnom kapacitetu, ali i na ograničenu dostupnost lako pristupačne vode u pojedinim slojevima, što je u skladu sa uočenim zbijanjem i glejnim procesima.

U tabeli 5 prikazane su vodo – vazdušne karakteristike zemljište na kojem su obavljena istraživanja.

Tabela 5. Vodno – vazdušne karakteristike zemljište

Broj profila	Dubina - d (cm)	Zapreminska gustina ρ_b (g·cm ⁻³)	MVK (% vol.)	PVK (% vol.)	LKV (% vol)	VV (% vol.)	Ukupna pristupačna voda (mm)	Lako pristupačna voda (mm)	Teže pristupačna voda (mm)
1	0-35	1,62	45,00	37,98	22,40	19,84	24,58	8,95	63,47
	35-65	1,57	44,55	37,8	24,41	21,72	43,88	17,49	104,52
	65-100	1,58	44,41	37,22	25,27	22,56	71,18	26,86	145,15

Retenciona kriva zemljišta (Slika 3) ukazuje na odnos između potencijala vode i sadržaja vlage, na osnovu čega su određene karakteristične vodne konstante zemljišta (PVK, LKV i VV).



Slika 3. Tenzimetrijska kriva u sloju 0-35 cm

Agrohemijskom analizom utvrđeno je da površinski sloj zemljišta (0–10 cm) ima slabo kiselu reakciju (pH 5,5), sadržaj humusa od 2,05% i ograničenu dostupnost azota. U sloju od 10–35 cm zabeležena je kisela reakcija (pH 4,5), uz sadržaj humusa od 1,98% i nizak sadržaj pristupačnog azota (Tabela 6).

Tabela 6. Obezbeđenost zemljišta hranljivim materijama na različitim dubinama profila na oglednoj parceli

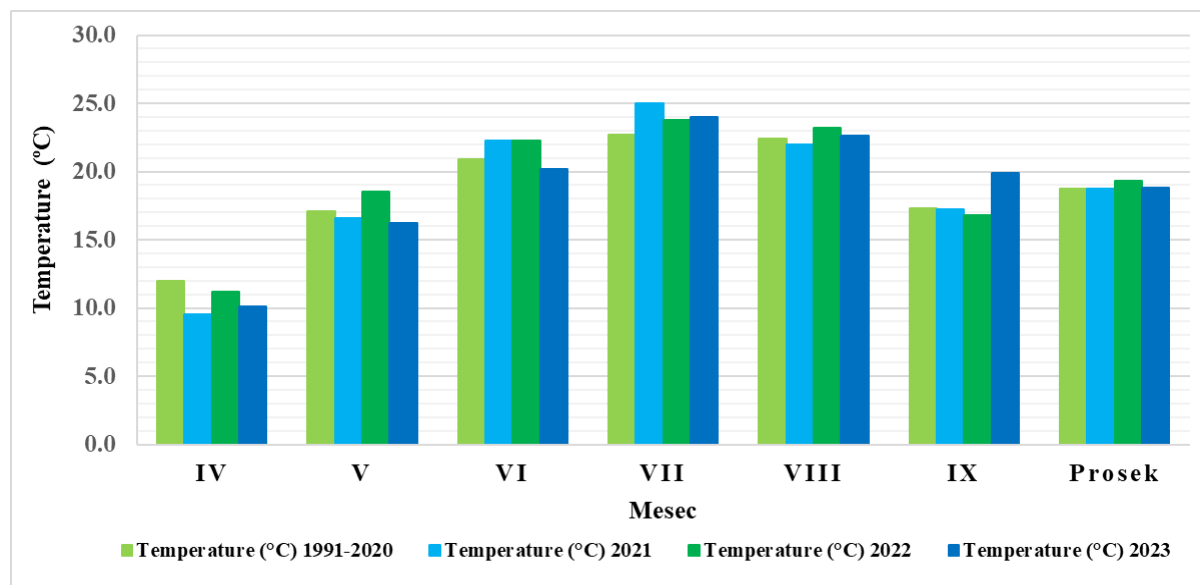
Dubina (cm)	Humus (%)	N (%)	Lako pristupačni (mg 100 g ⁻¹ zemljišta)		pH
			P ₂ O ₅	K ₂ O	
0-10	2,05	0,14	20,15	25,3	5,5
10-35	1,98	0,13	10,0	10,0	4,5

Sadržaj pristupačnog fosfora (P₂O₅) iznosio je oko 20 mg·100 g⁻¹ u površinskom sloju i 10 mg·100 g⁻¹ u dubljem sloju, dok je sadržaj kalijuma (K₂O) bio viši u površinskom sloju, a niži u dubljem, što ukazuje na smanjenu plodnost zemljišta u dubljim horizontima.

7.1.2. Klimatski uslovi

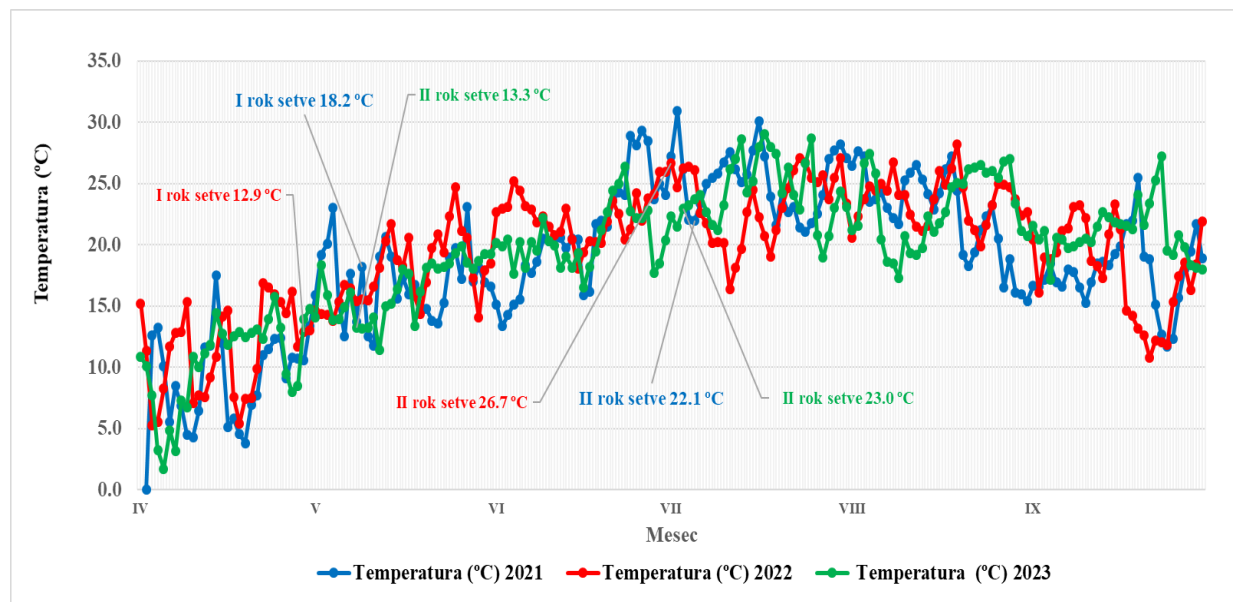
7.1.2.1. Temperatura

Tokom istraživanja (2021–2023) zabeležene su značajne varijacije u temperaturnim uslovima u odnosu na višegodišnji prosek (1991–2020) (Grafikon 1).



Grafikon 1. Prosečne mesečne temperature vazduha (°C) tokom perioda istraživanja (2021–2023) i višegodišnjeg proseka (1991–2020) na lokalitetu Bresje, Velika Plana (RHMZS).

U svim godinama istraživanja prosečne mesečne temperature vazduha bile su više u odnosu na višegodišnji prosek. U 2021. godini najviša prosečna temperatura zabeležena je u julu (25,0°C), što je značajno iznad višegodišnjeg proseka (22,7°C), dok je april bio najhladniji mesec te godine (9,5°C).



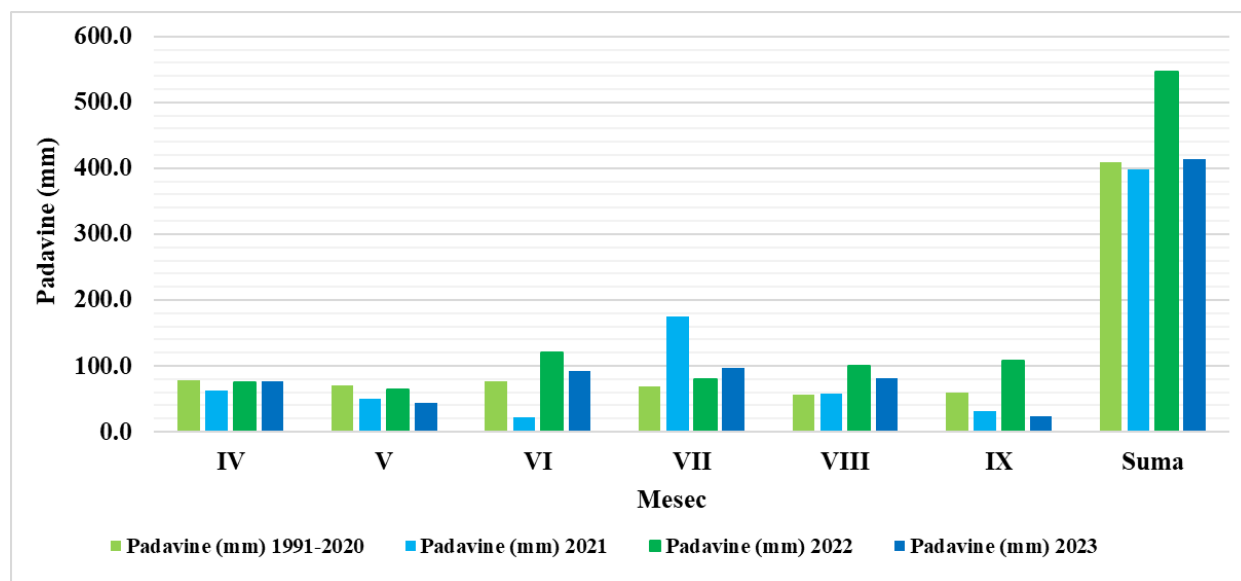
Grafikon 2. Srednje dnevne temperature vazduha (°C) tokom vegetacionog perioda u toku istraživanja (2021–2023) za različite roke setve na lokalitetu Bresje, Velika Plana (RHMZS). Legenda: Rok setve: I – Redovan rok (kraj aprila-početak maja); II – Postrni rok (početak jula).

Tokom 2022. godine zabeležene su povišene temperature, naročito u junu i avgustu, dok je ukupni prosek temperature tokom vegetacionog perioda bio najviši i iznosio je 19,3°C.

Godina 2023. karakteriše se povišenim temperaturama u kasnijim fazama vegetacije, posebno u septembru (19,9°C), što je znatno iznad višegodišnjeg proseka (16,8°C), ukazujući na pojavu toplotnih talasa. U ovoj godini zabeležen je i visok prosečan temperaturni nivo tokom čitavog vegetacionog perioda (18,8°C).

7.1.2.2. Padavine

Padavine su tokom istraživanog perioda bile izrazito neujednačeno raspoređene. U 2021. godini zabeležen je izražen deficit padavina u junu (22,0 mm), što ukazuje na sušne uslove, dok je jul iste godine bio ekstremno vlažan sa 175,4 mm padavina, što je skoro tri puta više od višegodišnjeg proseka (Grafikon 3).



Grafikon 3. Raspored i količina padavina (mm) tokom perioda istraživanja (2021-2023) i višegodišnjeg proseka (1991-2020) na lokalitetu Bresje, Velika Plana (RHMZS).

Tokom 2022. godine ukupna količina padavina bila je najveća (547,0 mm), sa izraženim maksimumima u junu i septembru, dok je 2023. godina bila najbliža višegodišnjem proseku po ukupnoj količini padavina (414,1 mm), ali sa veoma neravnomernim rasporedom.

Opšta karakteristika klimatskih uslova tokom istraživanja bila je povećana varijabilnost i izražena nepredvidivost rasporeda padavina, uz pojavu temperaturnih ekstrema, što ukazuje na izražen uticaj klimatskih promena.

7.1.3. Dinamika sadržaja vode u zemljištu

Dinamika sadržaja vode u zemljištu praćena je tokom vegetacionog perioda kukuruza šećerca u dva roka setve, u sloju zemljišta do dubine od 0,35 m, tokom 2021, 2022. i 2023. godine. Vrednosti sadržaja vode izražene su u milimetrima (mm) i organizovane kao vremenske serije prema danima vegetacije.

Istraživanje je obuhvatilo dva režima navodnjavanja: puno navodnjavanje (F) i redukovano navodnjavanje (D). Promene sadržaja vode u zemljištu za oba tretmana prikazane su linijskim grafikovima, dok su količine vode dodate navodnjavanjem predstavljene stubičastim dijagramima (IF i ID).

Sadržaj vode na različitim tretmanima dobijen je bilansiranjem parametara vodnog bilansa zemljišta tokom vegetacionog perioda u oba roka setve (padavine, vlažnost zemljišta).

Na grafikonima su dodatno prikazane karakteristične vodne konstante zemljišta: poljski vodni kapacitet (PVK), lako pristupačna voda (LPV), teže pristupačna voda (TPV) i ukupno pristupačna voda (UPV), u vidu horizontalnih referentnih linija, čime je omogućena procena dostupnosti vode biljkama tokom vegetacije.

Za prikaz podataka korišćene su dvostruke ordinatne ose, pri čemu leva osa predstavlja sadržaj vode u zemljištu (mm), dok desna osa prikazuje količinu vode dodate navodnjavanjem (mm). Na apscisi su prikazani datumi, odnosno dani vegetacionog perioda.

Padavine nisu grafički prikazane, ali su uključene u analizu vodnog bilansa i interpretaciju rezultata. Stoga promene sadržaja vode u zemljištu predstavljaju rezultat ukupnog delovanja navodnjavanja, padavina i evapotranspiracije.

Ovakvi uslovi ukazuju na povećanu klimatsku varijabilnost, što dodatno naglašava značaj pravilnog upravljanja navodnjavanjem.

7.1.3.1. Dinamika sadržaja vode u zemljištu (2021–2023)

Na osnovu grafičkih prikaza sadržaja vode u zemljištu tokom vegetacionog perioda kukuruza šećerca u 2021., 2022. i 2023. godini, uočava se izražena vremenska varijabilnost vlažnosti zemljišta, uslovljena režimom navodnjavanja i ukupnim vodnim bilansom (Grafikon 4).

U sve tri godine sadržaj vode u zemljištu pokazuje karakterističan ciklični obrazac, sa naglim porastima nakon primene vode i postepenim opadanjem između zalivanja. Tokom većeg dela vegetacije vrednosti su se kretale u zoni lako pristupačne vode, što ukazuje na povoljne uslove vodosnabdevanja biljaka.

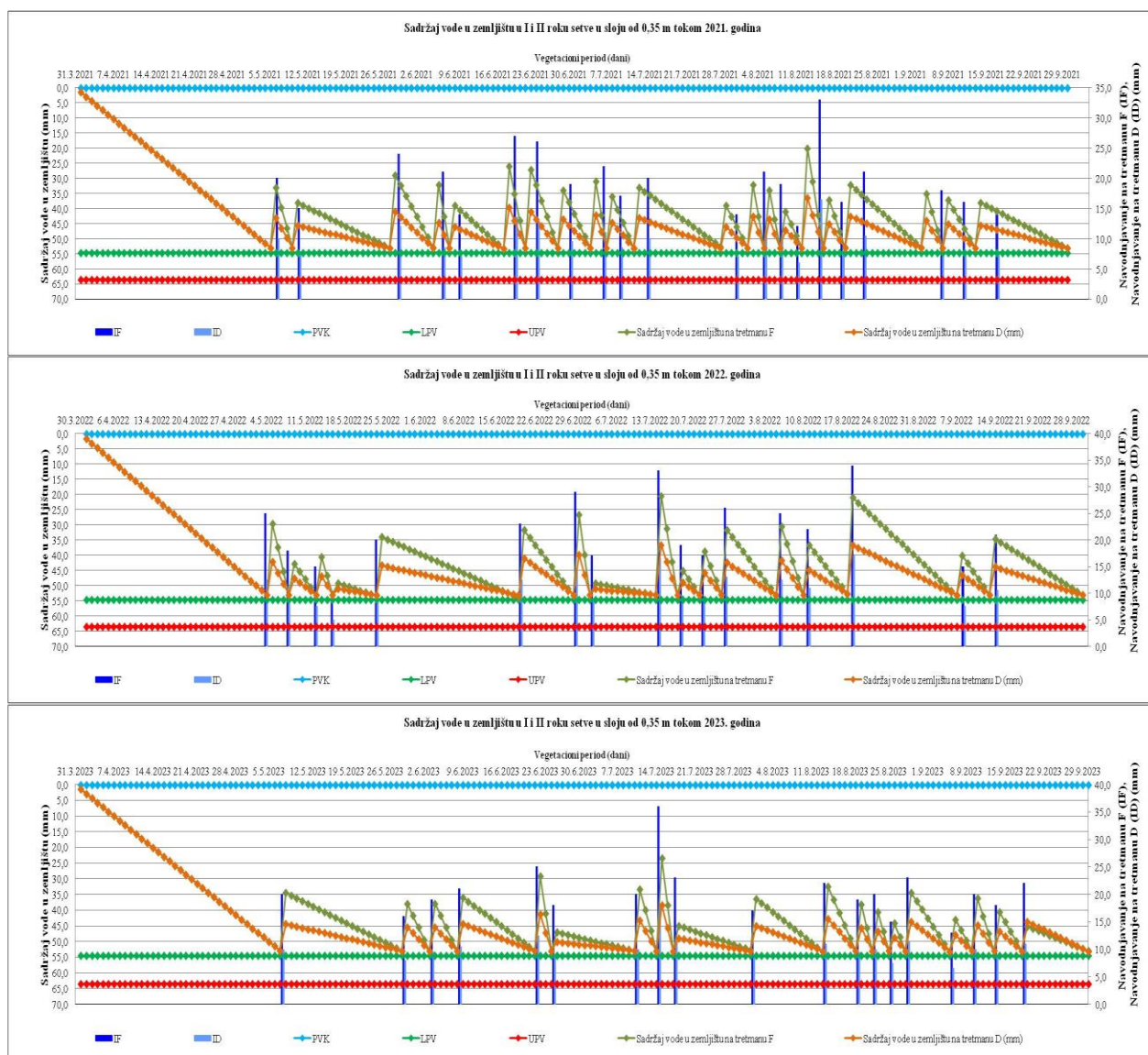
U poređenju tretmana, u svim godinama tretman punog navodnjavanja karakterišu veće amplitude promena sadržaja vode u zemljištu. Nakon primene vode dolazi do izraženijih porasta vlažnosti, dok se između zalivanja beleži brže opadanje, što ukazuje na intenzivniju dinamiku potrošnje vode.

Nasuprot tome, tretman redukovano navodnjavanja pokazuje stabilniji režim sa manjim oscilacijama, pri čemu se sadržaj vode duže zadržava u zoni lako pristupačne vode.

Tokom vegetacionog perioda uočava se trend povećanja brzine opadanja sadržaja vode u zemljištu u kasnijim fazama razvoja biljaka, naročito tokom letnjih meseci. Ovaj trend povezan je sa porastom temperature vazduha i povećanjem lisne površine, što dovodi do intenzivnije evapotranspiracije.

Posmatrano po godinama, u 2021. godini registrovan je najstabilniji režim sadržaja vode u zemljištu, sa manjim kolebanjima i ravnomernijim opadanjem između intervencija. U 2022. godini uočene su izraženije oscilacije, posebno u tretmanu punog navodnjavanja, dok je najveća varijabilnost zabeležena u 2023. godini, kada su nakon primene vode registrovani nagli porasti sadržaja vode, praćeni brzim opadanjem.

Tokom celog perioda istraživanja sadržaj vode u zemljištu retko se spuštao u zonu teže pristupačne vode, što ukazuje da biljke nisu bile izložene izraženom vodnom stresu.



Grafikon 4. Grafički prikaz sadržaja vode u zemljištu tokom vegetacionog perioda kukuruza šećerca gajenog u dva režima zalivanja u dva roka setve tokom 2021., 2022. i 2023. godine (F – puno navodnjavanje, D - redukovano navodnjavanje, PVK – poljski vodni kapacitet, LPV – lako pristupačna voda, TPV – teže pristupačna voda i UPV – ukupno pristupačna voda.

7.1.4. Vodni bilans i potrošnja vode

U Tabeli 7 prikazane su vrednosti potrošnje vode useva (ETF i ETD), efektivnih padavina (Pe), kao i primenjenih normi navodnjavanja u tretmanima punog (IF) i redukovano (ID) navodnjavanja tokom dva roka setve u tri godine istraživanja.

Tabela 7. Potrošnja vode, efektivne padavine i norma navodnjavanja na tretmanu punog i redukovano navodnjavanja tokom dva roka setve u tri godine istraživanja

	2021.	2022.	2023.
ETF I	354,6	281,7	251,4
ETF II	319,0	228,6	256,8
ETD I	194,8	169,4	152,5
ETD II	154,1	114,5	133,9
Pe I	282,1	249,9	279,0

	2021.	2022.	2023.
Pe II	233,8	258,5	153,2
IF I	260,0	252,0	215,0
IF II	244,0	229,0	268,0
ID I	128,0	127,0	107,5
ID II	122,0	114,5	134,0

Analizom vrednosti prikazanih u Tabeli 7 uočava se da je ukupna potrošnja vode useva bila veća u tretmanima punog navodnjavanja (ETF) u odnosu na tretmane redukovano navodnjavanja (ETD) u svim godinama istraživanja i u oba roka setve, što potvrđuje značajan uticaj režima navodnjavanja na intenzitet evapotranspiracije.

Efektivne padavine pokazivale su izraženu varijabilnost između godina istraživanja, kako po ukupnim količinama, tako i po rasporedu u toku vegetacionog perioda. Najveće vrednosti efektivnih padavina zabeležene su u 2022. godini, dok su u ostalim godinama varirale u zavisnosti od klimatskih uslova, što je direktno uticalo na potrebe za navodnjavanjem.

Norme navodnjavanja jasno diferenciraju tretmane, pri čemu su u tretmanu punog navodnjavanja (IF) primenjivane približno dvostruko veće količine vode u odnosu na tretman redukovano navodnjavanja (ID), što je u skladu sa postavljenim eksperimentalnim uslovima.

U tretmanu pune norme navodnjavanja, ukupne količine dodate vode tokom vegetacionog perioda kretale su se u rasponu od približno 215 do 268 mm po godini u prvom roku setve, odnosno od 229 do 268 mm u drugom roku setve. Kod redukovane norme, količine vode bile su za 50% niže, što je u skladu sa postavljenim eksperimentalnim uslovima.

Ukupna suma primenjenog navodnjavanja za trogodišnji period iznosila je 727 mm za prvi rok setve i 741 mm za drugi rok setve u tretmanu pune norme, odnosno 363,5 mm i 370,5 mm u tretmanu redukovane norme (Tabela 2).

Učestalost zalivanja bila je veća u periodima sa povišenim temperaturama i smanjenim količinama padavina, naročito tokom letnjih meseci, što ukazuje na prilagođavanje režima navodnjavanja stvarnim potrebama useva i uslovima spoljne sredine.

Ukupno posmatrano, rezultati ukazuju da je vodni bilans tokom vegetacionog perioda bio uslovljen kombinovanim uticajem klimatskih faktora i primenjenih režima navodnjavanja, pri čemu su razlike u padavinama između godina imale značajan uticaj na dinamiku potrošnje vode i količine dodatog navodnjavanja.

Uočene razlike u vrednostima evapotranspiracije između tretmana ukazuju na značaj dostupnosti vode kao limitirajućeg faktora u uslovima redukovano navodnjavanja.

7.2. Morfološke osobine

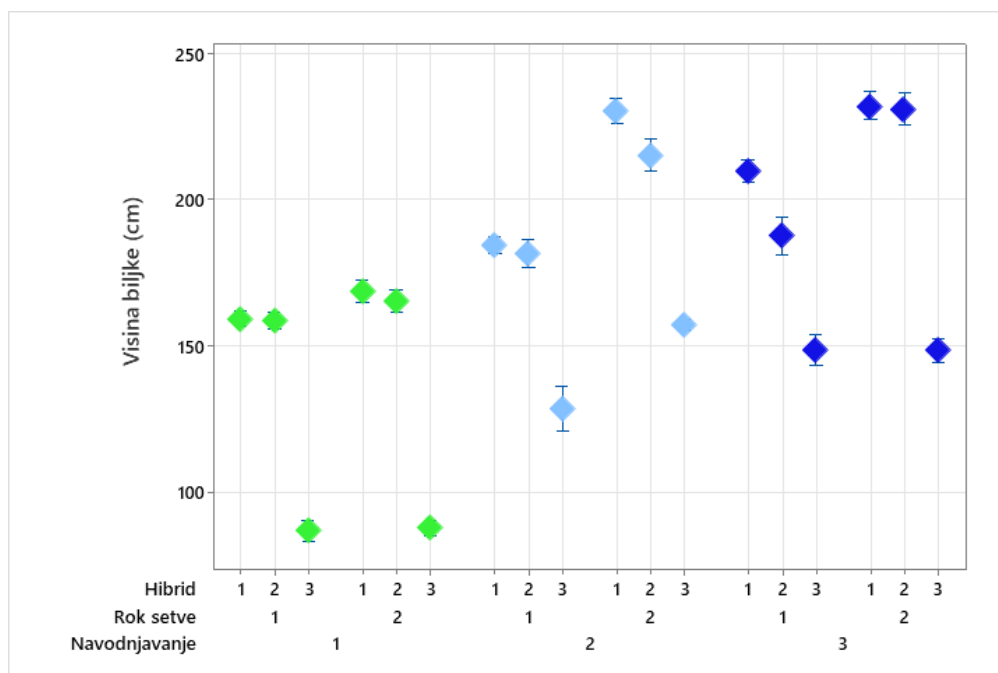
Morfološke osobine kukuruza šećerca predstavljaju važne pokazatelje reakcije biljaka na uslove spoljne sredine i primenjene agrotehničke mere. Parametri vegetativnog rasta, kao što je visina biljke, broj listova i broj zaperaka, odražavaju intenzitet rasta i razvoja, kao i sposobnost biljke da iskoristi dostupne resurse, pre svega vodu i hraniva.

U uslovima promenljivog vodnog režima, morfološke osobine mogu značajno varirati, pri čemu dostupnost vode predstavlja jedan od ključnih faktora koji utiču na formiranje vegetativne mase. Pored toga, ispoljavanje ovih osobina u velikoj meri zavisi od genotipa i roka setve, što dodatno usložnjava njihov odgovor na uslove gajenja.

Analiza morfoloških osobina omogućava bolje razumevanje adaptivnog potencijala hibrida kukuruza šećerca i predstavlja osnovu za tumačenje razlika u produktivnosti u različitim proizvodnim uslovima.

7.2.1. Visina biljke

Visina biljke značajno je varirala u zavisnosti od režima navodnjavanja, roka setve i hibrida, kao i njihovih međusobnih interakcija (Grafikon 5).



Grafikon 5. Intervalni Plot sa 95% intervalom poverenja za prosečnu vrednost za visinu biljke (cm) pri različitim normama navodnjavanja u dva roka setve za ispitivane hibride kukuruza šećerca u periodu istraživanja (2021-2023). *Legenda:* Navodnjavanje: 1 - Kontrola (prirodni režim vlaženja); 2 - Redukovana norma – 50% od pune norme navodnjavanja; 3 - Puna norma navodnjavanja. Rok setve: 1 – Redovan rok (kraj aprila-početak maja); 2 – Postrni rok (početak jula). Hibrid: 1 – Enterprise F₁; 2 – Union F₁; 3 – Sweet Nugget F₁.

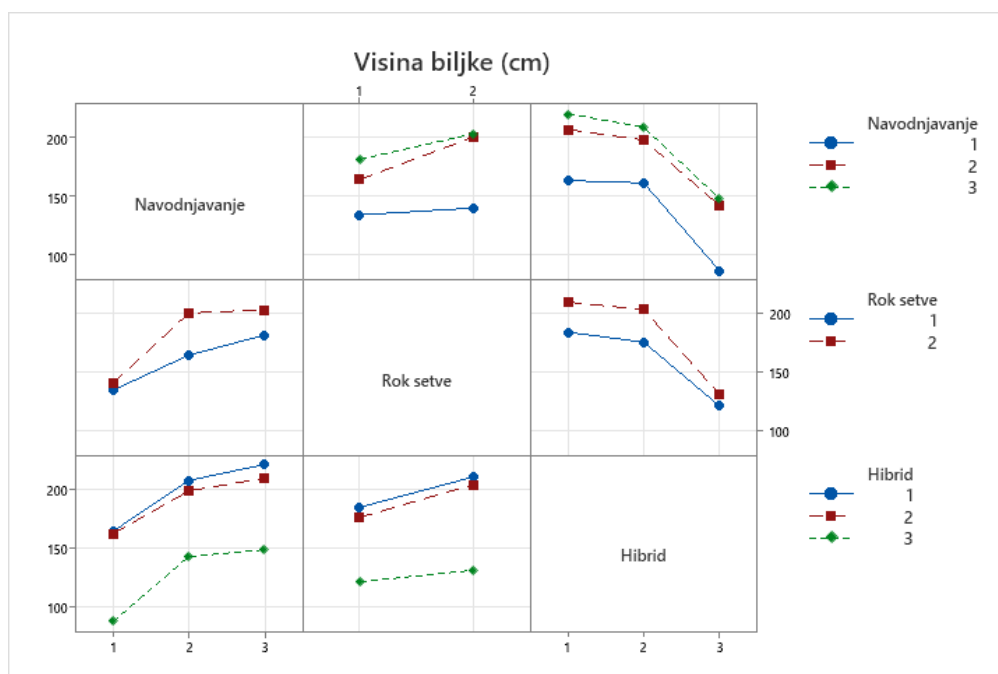
Najniže vrednosti visine biljke zabeležene su u uslovima prirodnog režima vlaženja, gde su se kretale u rasponu od 86,58 cm do 168,83 cm, u zavisnosti od roka setve i hibrida (Grafikon 5; Prilog: Tabela 1). Sa povećanjem norme navodnjavanja dolazi do izraženog porasta visine biljaka, pri čemu su u tretmanu pune norme dostignute prosečne vrednosti do 232,13 cm.

U poređenju sa kontrolnim tretmanom, primena redukovane norme povećala je visinu biljaka za približno 15–20%, dok je prelazak sa redukovane na punu normu doveo do dodatnog povećanja od oko 10–15%. Ovakav trend ukazuje da kukuruz šećerac snažno reaguje na poboljšanje vodosnabdevanja, ali da se najveći deo efekta ostvaruje već pri srednjem nivou dostupnosti vode.

Razlike između hibrida bile su izražene u svim tretmanima. Hibridi Enterprise F₁ i Union F₁ ostvarili su najveće vrednosti visine biljke (oko 230 cm u uslovima pune norme), dok je hibrid Sweet Nugget F₁ imao za 30–40% niže vrednosti (148–157 cm), što ukazuje na izraženu genetičku uslovljenost ovog svojstva.

Analiza interakcijskih efekata (Grafikon 6) pokazuje da uticaj navodnjavanja na visinu biljke zavisi od roka setve i hibrida.

U uslovima prirodnog režima vlaženja, biljke iz prvog roka setve ostvarile su veću visinu u odnosu na drugi rok, što se može povezati sa povoljnijim rasporedom padavina i nižim temperaturnim stresom u ranim fazama razvoja.



Grafikon 6. Interakcijski Plot za visinu biljke i uticaj posmatranih faktora za period istraživanja (2021-2023). *Legenda:* Navodnjavanje: 1 - Kontrola (prirodni režim vlaženja); 2 - Redukovana norma – 50% od pune norme navodnjavanja; 3 - Puna norma navodnjavanja. Rok setve: 1 – Redovan rok (kraj aprila-početak maja); 2 – Postrni rok (početak jula). Hibrid: 1 – Enterprise F₁; 2 – Union F₁; 3 – Sweet Nugget F₁.

U uslovima navodnjavanja ovaj odnos se delimično menja, te se u pojedinim kombinacijama faktora visina biljke povećava i u drugom roku setve. To ukazuje da adekvatno vodosnabdevanje može ublažiti negativan efekat kasnije setve i stabilizovati vegetativni rast.

Povećanje visine biljke sa porastom norme navodnjavanja prisutno je kod svih hibrida, ali sa različitim intenzitetom. Hibridi Enterprise F₁ i Union F₁ pokazuju izraženiji odgovor, dok je kod hibrida Sweet Nugget F₁ ovaj efekat slabiji, što potvrđuje značaj genotipske varijabilnosti u reakciji na vodni režim.

Rezultati analize varijanse potvrđuju statistički vrlo značajan uticaj svih ispitivanih faktora na visinu biljke ($p < 0,01$), kao i njihovih interakcija (Tabela 8).

Tabela 8. Analiza varijanse za ispitivane faktore i značajnost njihovog uticaja na visinu biljke

Parametar		Visina biljke	
Faktor	Sig.	L.S.D.	L.S.D.
		(p<0,05)	(p<0,01)
Navodnjavanje	**	2,47491	3,25965
Rok setve	**	2,02075	2,66149
Hibrid	**	2,47491	3,25965
Navodnjavanje x Rok setve	**	3,50005	4,60984
Navodnjavanje x Hibrid	**	4,28667	5,64588
Rok setve x Hibrid	**	3,50005	4,60984
Navodnjavanje x Rok setve x Hibrid	**	6,06227	7,98448

Legenda: Sig. – značajnost; p<0,01 ** statistički vrlo značajno; L.S.D.– Test najmanje značajne razlike.

Najveći pojedinačni uticaj imao je faktor navodnjavanja, dok su rok setve i hibrid takođe značajno doprinosili varijabilnosti ovog svojstva. Značajne interakcije između faktora ukazuju da se efekat pojedinačnih faktora ne može posmatrati izolovano, već u međusobnoj zavisnosti.

Dobijeni rezultati potvrđuju da je dostupnost vode jedan od ključnih faktora koji određuju intenzitet vegetativnog rasta kukuruza šećerca. Povećanje visine biljke sa porastom norme navodnjavanja u skladu je sa rezultatima drugih autora (Moteva et al., 2016; Nemeskéri et al., 2019), koji navode da vodni stres značajno ograničava rast biljaka.

Rezultati ovog istraživanja pokazuju da i redukovana norma navodnjavanja obezbeđuje značajno povećanje visine biljaka u odnosu na kontrolu, što ukazuje na mogućnost racionalnijeg upravljanja vodnim resursima bez značajnog smanjenja vegetativnog rasta. Ovaj nalaz je delimično u saglasnosti sa rezultatima Muslimah et al. (2023), iako su u ovom istraživanju razlike između redukovane i pune norme bile statistički značajne.

Uticaj roka setve na visinu biljke bio je izraženiji u uslovima bez navodnjavanja, gde je raniji rok setve bio povoljniji, što potvrđuju i drugi autori (Ugur, 2015; Hussain, 2022; Sheikh and Dar, 2017). U uslovima navodnjavanja ovaj efekat je ublažen, što potvrđuje značaj interakcije između klimatskih uslova i dostupnosti vode.

Genetički faktor imao je značajan uticaj na visinu biljke, što se ogleda u konzistentno nižim vrednostima kod hibrida Sweet Nugget F₁. Ova razlika može se objasniti kraćom vegetacijom i specifičnim morfološkim karakteristikama ovog hibrida, što je u skladu sa navodima drugih autora (Kharazmshahi et al., 2015; Singh et al., 2025).

Povećanje visine biljke povezano je sa većom lisnom površinom i većim potencijalom za fotosintezu, što može imati direktan uticaj na formiranje prinosa (Subaedah et al., 2016; Liu et al., 2021). Stoga optimalno vodosnabdevanje predstavlja ključni preduslov za ostvarenje maksimalnog vegetativnog i proizvodnog potencijala kukuruza šećerca.

7.2.2. Visina biljke do prvog klipa

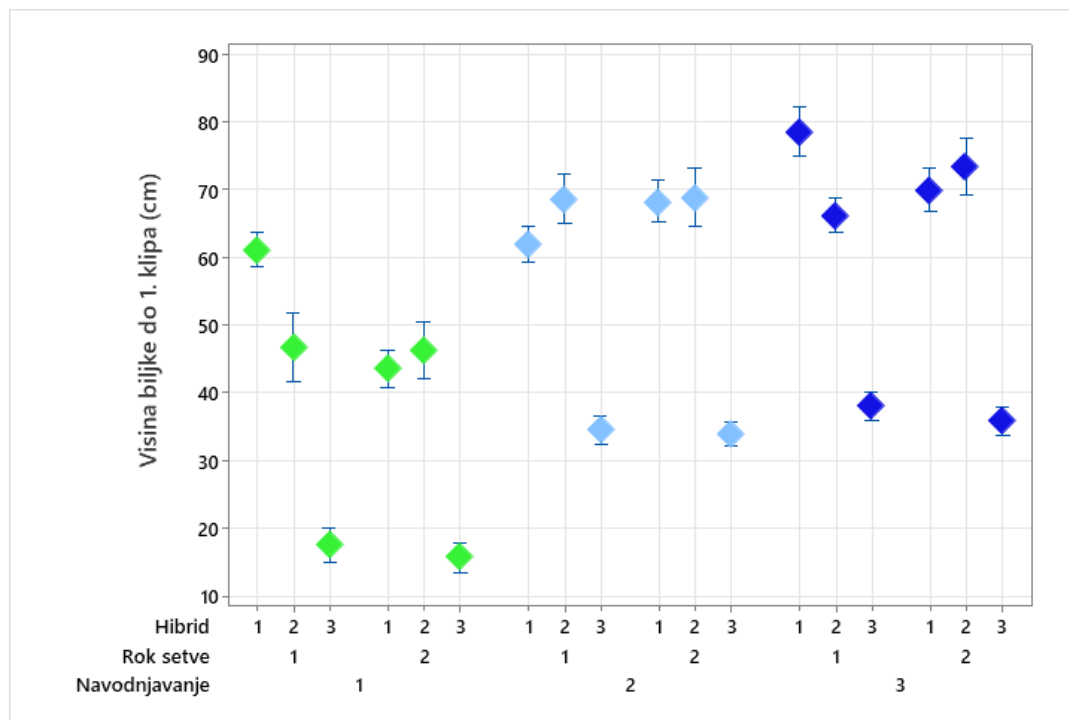
Visina biljke do prvog klipa predstavlja važan morfološki indikator koji utiče na arhitekturu biljke, otpornost na poleganje i efikasnost mehanizovane berbe.

Rezultati pokazuju da je ova osobina značajno varirala u zavisnosti od hibrida, režima navodnjavanja i roka setve (Grafikon 7; Prilog: Tabela 1).

Najveće vrednosti visine do prvog klipa zabeležene su kod hibrida Enterprise F₁ u uslovima pune norme navodnjavanja i prvog roka setve (78,50 cm), dok su najniže vrednosti

utvrđene kod hibrida Sweet Nugget F₁ u uslovima prirodnog režima vlaženja i drugog roka setve (15,63 cm). To ukazuje na raspon varijabilnosti veći od 60 cm između ispitivanih tretmana.

Povećanjem norme navodnjavanja dolazi do značajnog porasta visine do prvog klipa. Kod hibrida Enterprise F₁ visina se povećava za približno 75–80% u odnosu na uslove bez navodnjavanja, dok je kod hibrida Union F₁ povećanje iznosilo oko 40%. Kod hibrida Sweet Nugget F₁, iako je relativno povećanje izraženo, apsolutne vrednosti visine do prvog klipa ostaju znatno niže, što potvrđuje izraženu genetičku kontrolu ovog svojstva.



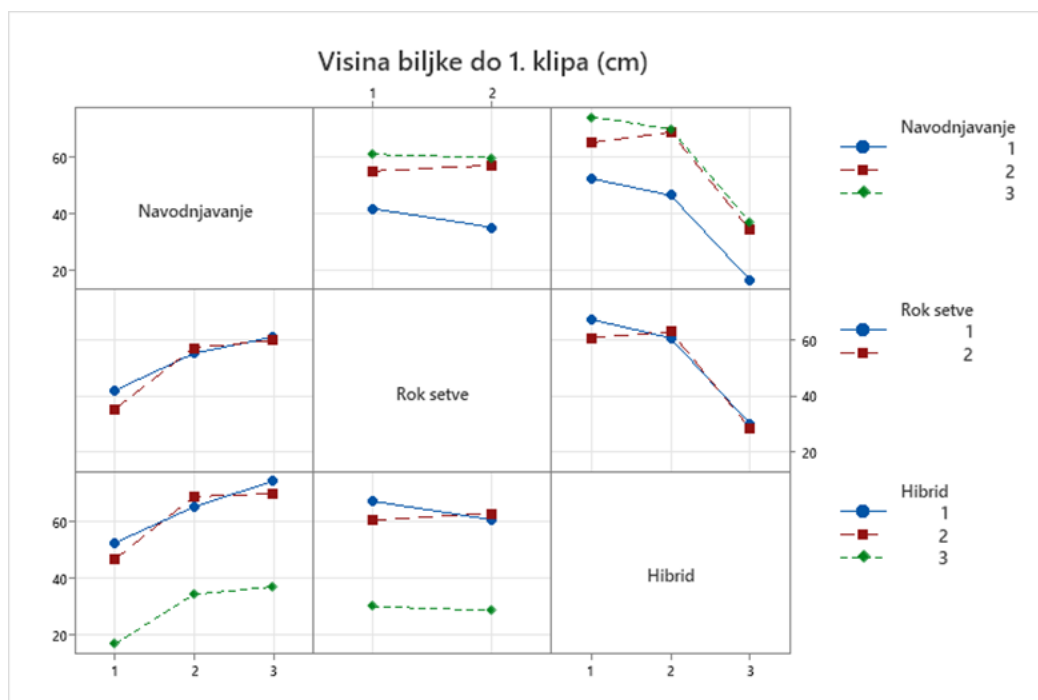
Grafikon 7. Intervalni Plot sa 95% intervalom poverenja za prosečnu vrednost za visinu biljke do prvog klipa (cm) pri različitim normama navodnjavanja u dva roka setve za ispitivane hibride kukuruza šećerca u periodu istraživanja (2021-2023). *Legenda:* Navodnjavanje: 1 - Kontrola (prirodni režim vlaženja); 2 - Redukovana norma – 50% od pune norme navodnjavanja; 3 - Puna norma navodnjavanja. Rok setve: 1 – Redovan rok (kraj aprila-početak maja); 2 – Postrni rok (početak jula). Hibrid: 1 – Enterprise F₁; 2 – Union F₁; 3 – Sweet Nugget F₁.

Analiza interakcijskih efekata (Grafikon 8) pokazuje da uticaj navodnjavanja na visinu do prvog klipa zavisi od roka setve i hibrida.

U uslovima bez navodnjavanja, drugi rok setve karakterišu najniže vrednosti ove osobine kod svih hibrida. Ovakav rezultat može se objasniti visokim temperaturama i deficitom vlage tokom faze intenzivnog porasta, što dovodi do skraćivanja donjih internodija i niže pozicije klipa, što je u skladu sa rezultatima Stojiljković (2022).

U uslovima navodnjavanja ovaj efekat je ublažen, a naročito u drugom roku setve, gde navodnjavanje ima izraženiji efekat u odnosu na prvi rok setve. Ovo potvrđuje ključnu ulogu vode u formiranju donjih internodija i određivanju visine pozicije klipa.

Reakcija hibrida na povećanje norme navodnjavanja bila je različita. Hibrid Enterprise F₁ pokazuje kontinuiran porast visine do prvog klipa sa povećanjem norme navodnjavanja, dok kod hibrida Union F₁ prelazak sa redukovane na punu normu ne dovodi do značajnog dodatnog povećanja. Hibrid Sweet Nugget F₁ zadržava niske vrednosti u svim tretmanima, što potvrđuje dominantan uticaj genotipa.



Grafikon 8. Interakcijski Plot za visinu biljke do prvog klipa i uticaj posmatranih faktora za period istraživanja (2021-2023). *Legenda:* Navodnjavanje: 1 - Kontrola (prirodni režim vlaženja); 2 - Redukovana norma – 50% od pune norme navodnjavanja; 3 - Puna norma navodnjavanja. Rok setve: 1 – Redovan rok (kraj aprila-početak maja); 2 – Postrni rok (početak jula). Hibrid: 1 – Enterprise F₁; 2 – Union F₁; 3 – Sweet Nugget F₁.

Rezultati analize varijanse potvrđuju statistički vrlo značajan uticaj svih ispitivanih faktora na visinu biljke do prvog klipa ($p < 0,01$), kao i njihovih interakcija (Tabela 9).

Najveći pojedinačni uticaj imao je faktor navodnjavanja, dok su hibrid i rok setve takođe značajno doprinosili varijabilnosti ovog svojstva. Značajne interakcije drugog i trećeg reda ukazuju na kompleksno delovanje faktora, što znači da se efekti pojedinačnih faktora ne mogu posmatrati izolovano.

Slični rezultati o značajnom uticaju genotipa i agrotehničkih mera na visinu do prvog klipa potvrđeni su u ranijim istraživanjima (Anil and Sezer, 2003; Öktem and Öktem, 2006), dok Kiliñç et al. (2021) takođe ističu značaj interakcije faktora u formiranju ove osobine.

Tabela 9. Analiza varijanse za ispitivane faktore i značajnost njihovog uticaja na visinu biljke do prvog klipa

Parametar		Visina biljke do 1. klipa	
Faktor	Sig.	L.S.D.	L.S.D.
		($p < 0,05$)	($p < 0,01$)
Navodnjavanje	**	1,70278	2,24269
Rok setve	**	1,39031	1,83115
Hibrid	**	1,70278	2,24269
Navodnjavanje x Rok setve	**	2,40809	3,17165
Navodnjavanje x Hibrid	**	2,94930	3,88446
Rok setve x Hibrid	**	2,40809	3,17165
Navodnjavanje x Rok setve x Hibrid	**	4,17094	5,49346

Legenda: Sig. – značajnost; $p < 0,01$ ** statistički vrlo značajno; L.S.D. – Test najmanje značajne razlike.

Iako genotip određuje osnovni potencijal za ispoljavanje visine biljke do prvog klipa, uslovi spoljne sredine, pre svega dostupnost vode i temperaturni režim tokom vegetacije, značajno modifikuju njen konačan nivo, što je u skladu sa rezultatima Stojiljković (2022).

Rezultati ovog istraživanja pokazuju da povećanje norme navodnjavanja dovodi do značajnog porasta visine do prvog klipa, što se može objasniti intenzivnijim izduživanjem donjih internodija usled boljeg vodosnabdevanja i većeg turgora ćelija. Pozicija prvog klipa direktno je određena dužinom donjih internodija, čije formiranje zavisi od uslova tokom faze intenzivnog vegetativnog rasta pre cvetanja.

U uslovima kasnijih rokova setve, visoke temperature i deficit vlage dovode do skraćanja internodija i smanjenog vegetativnog rasta, što rezultira nižom pozicijom klipa. Ovakav efekat povezan je sa ubrzanom ontogenezom biljaka i ograničenjem vegetativnog rasta u stresnim uslovima, što potvrđuju rezultati Stojiljković (2022).

Interakcija faktora pokazuje da navodnjavanje ima izraženiji efekat u drugom roku setve, gde delimično kompenzuje nepovoljne klimatske uslove i omogućava stabilniji vegetativni rast. Ovo potvrđuje da dostupnost vode može ublažiti negativan uticaj visokih temperatura i produžiti period aktivnog rasta biljaka.

Genetičke razlike između hibrida bile su jasno izražene u svim tretmanima. Hibridi sa dužim vegetacionim periodom i izraženijim vegetativnim rastom ostvarili su veću visinu do prvog klipa, dok su ranostasni hibridi zadržali nižu poziciju klipa, bez obzira na primenjeni režim navodnjavanja. Ovakvi rezultati potvrđuju da je visina do prvog klipa osobina koja u velikoj meri zavisi od genetičkog potencijala hibrida, što je u skladu sa nalazima drugih autora (Anil and Sezer, 2003; Öktem and Öktem, 2006; Kiliç et al., 2021).

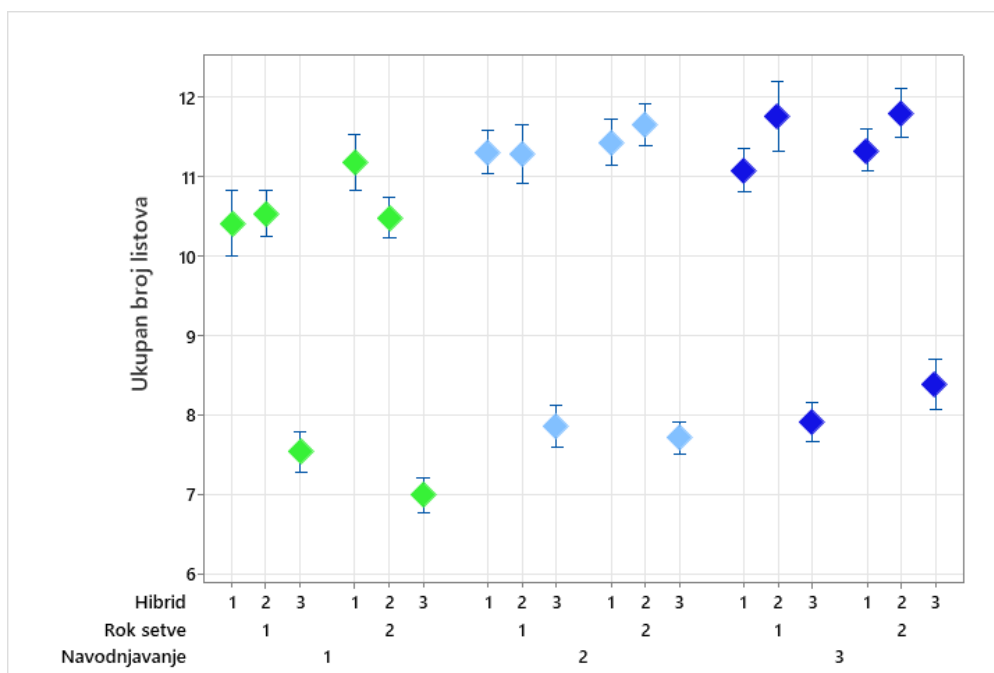
Pored uticaja na rast i razvoj biljaka, visina do prvog klipa ima i značajan agronomski značaj. Razvoj bazalnih internodija ima ključnu ulogu u određivanju stabilnosti biljke, pri čemu veća visina klipa povećava moment savijanja stabla i mehaničko opterećenje, čime se povećava rizik od poleganja. Nasuprot tome, niža pozicija klipa doprinosi većoj stabilnosti useva, što je potvrđeno u savremenim istraživanjima (Zhan et al., 2022).

Ukupno posmatrano, rezultati ukazuju da je visina biljke do prvog klipa rezultat kompleksne interakcije genotipa, vodnog režima i klimatskih uslova tokom vegetacije. Optimalno upravljanje navodnjavanjem, naročito u uslovima kasnijih rokova setve, može značajno doprineti stabilizaciji ove osobine i unapređenju proizvodnih karakteristika kukuruza šećerca.

7.2.3. Ukupan broj listova

Ukupan broj listova predstavlja važan morfološki i fenološki parametar koji odražava dužinu vegetacionog perioda i genetički potencijal hibrida za vegetativni rast.

Rezultati pokazuju da se ukupan broj listova razlikovao prvenstveno između ispitivanih hibrida, dok je uticaj navodnjavanja i roka setve bio manje izražen (Grafikon 9; Prilog: Tabela 1). Hibridi Enterprise i Union ostvarili su slične vrednosti, koje su se kretale u rasponu od 10,40 do 11,80 listova, što ukazuje na sličnu dužinu vegetacije. Nasuprot tome, hibrid Sweet Nugget F₁ imao je značajno manji broj listova (6,98–8,38), što potvrđuje njegovu ranostasnost i kraći vegetacioni period.



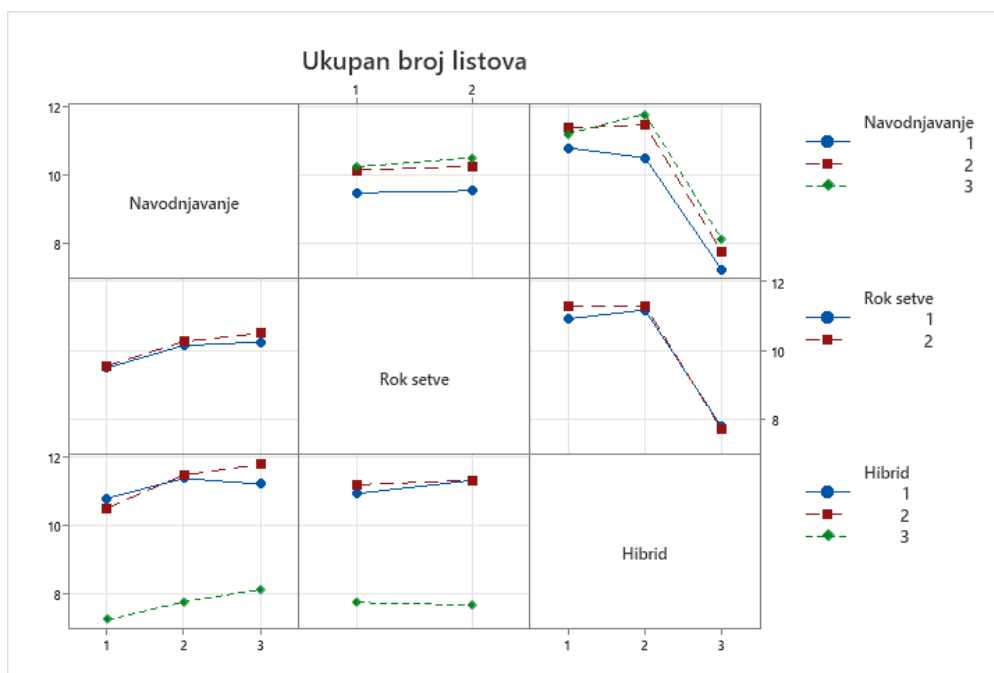
Grafikon 9. Intervalni Plot sa 95% intervalom poverenja za prosečnu vrednost za broj listova pri različitim normama navodnjavanja u dva roka setve za ispitivane hibride kukuruza šećerca u periodu istraživanja (2021-2023). *Legenda:* Navodnjavanje: 1 - Kontrola (prirodni režim vlaženja); 2 - Redukovana norma – 50% od pune norme navodnjavanja; 3 - Puna norma navodnjavanja. Rok setve: 1 – Redovan rok (kraj aprila-početak maja); 2 – Postrni rok (početak jula). Hibrid: 1 – Enterprise F₁; 2 – Union F₁; 3 – Sweet Nugget F₁.

Povećanje norme navodnjavanja dovelo je do blagog porasta ukupnog broja listova. Na primer, kod hibrida Enterprise u prvom roku setve broj listova povećan je sa 10,40 u uslovima prirodnog režima vlaženja na 11,33 u uslovima pune norme navodnjavanja, što predstavlja povećanje od približno 9%. Ovakav rezultat ukazuje da optimalni uslovi vodosnabdevanja mogu produžiti vegetativnu fazu i omogućiti formiranje dodatnih listova.

Analiza interakcijskih efekata (Grafikon 10) pokazuje da su razlike između hibrida stabilne u svim tretmanima, dok uticaj navodnjavanja i roka setve zavisi od njihove međusobne kombinacije.

U uslovima prirodnog režima vlaženja, naročito u drugom roku setve, zabeležen je manji broj listova kod svih hibrida, što se može objasniti skraćanjem vegetativne faze usled visokih temperatura i deficita vlage. U uslovima navodnjavanja ovaj efekat je ublažen, što potvrđuje da dostupnost vode omogućava stabilniji razvoj lisne mase.

Trend smanjenja broja listova u kasnijim rokovima setve potvrđen je i u drugim istraživanjima (Sheikh and Dar, 2017; Beiragi et al., 2011; Hussain, 2022), dok pojedini autori nisu utvrdili značajan uticaj roka setve na ovaj parametar (Soare et al., 2019). Razlike u rezultatima mogu se objasniti specifičnostima agroekoloških uslova i nivoom dostupne vlage tokom vegetacije.



Grafikon 10. Interaksijski Plot za broj listova i uticaj posmatranih faktora za period istraživanja (2021-2023). *Legenda:* Navodnjavanje: 1 - Kontrola (prirodni režim vlaženja); 2 - Redukovana norma – 50% od pune norme navodnjavanja; 3 - Puna norma navodnjavanja. Rok setve: 1 – Redovan rok (kraj aprila-početak maja); 2 – Postrni rok (početak jula). Hibrid: 1 – Enterprise F₁; 2 – Union F₁; 3 – Sweet Nugget F₁.

Rezultati analize varijanse pokazuju da su faktori navodnjavanja i hibrida imali vrlo značajan uticaj na ukupan broj listova ($p < 0,01$), dok je uticaj roka setve bio značajan na nivou $p < 0,05$ (Tabela 10). Razlike između tretmana potvrđene su LSD testom na nivou značajnosti $p < 0,05$ i $p < 0,01$.

Statistički značajna interakcija navodnjavanja i hibrida ukazuje na specifičan genotipski odgovor na dostupnost vode, dok trostruka interakcija takođe pokazuje značajan efekat, što potvrđuje kompleksnu prirodu ispoljavanja ove osobine.

Dobijeni rezultati potvrđuju da je ukupan broj listova pre svega genetički uslovljena osobina, što se ogleda u stabilnim razlikama između hibrida u svim ispitivanim tretmanima. Ova stabilnost povezana je sa činjenicom da broj listova predstavlja fenološki parametar koji je direktno vezan za dužinu vegetacionog perioda i genetički program razvoja biljke.

Manji uticaj spoljne sredine u poređenju sa drugim morfološkim osobinama ukazuje da je formiranje listova relativno stabilan proces, koji je manje osetljiv na kratkotrajne promene u uslovima gajenja. Ipak, u optimalnim uslovima vlažnosti dolazi do blagog povećanja broja listova, što se može objasniti produženjem vegetativne faze i odlaganjem prelaska biljke u generativnu fazu razvoja.

Tabela 10. Analiza varijanse za ispitivane faktore i značajnost njihovog uticaja na broj listova

Parametar		Broj listova	
Faktor	Sig.	L.S.D. (p<0,05)	L.S.D. (p<0,01)
Navodnjavanje	**	0,16606	0,21872
Rok setve	*	0,13559	0,17858
Hibrid	**	0,16606	0,21872
Navodnjavanje x Rok setve	nz	0,23485	0,30932
Navodnjavanje x Hibrid	**	0,28763	0,37883
Rok setve x Hibrid	*	0,23485	0,30932
Navodnjavanje x Rok setve x Hibrid	**	0,40677	0,53575

Legenda: Sig. – značajnost; p<0,01 ** statistički vrlo značajno; p<0,05 * statistički značajno; p>0,05 ^{nz} nema statistički značajne razlike; L.S.D. – Test najmanje značajne razlike.

Smanjenje broja listova u kasnijim rokovima setve povezano je sa ubrzanom ontogenezom biljaka usled viših temperatura, što dovodi do kraćeg perioda formiranja listova i ranijeg završetka vegetativnog rasta (Hussain, 2022).

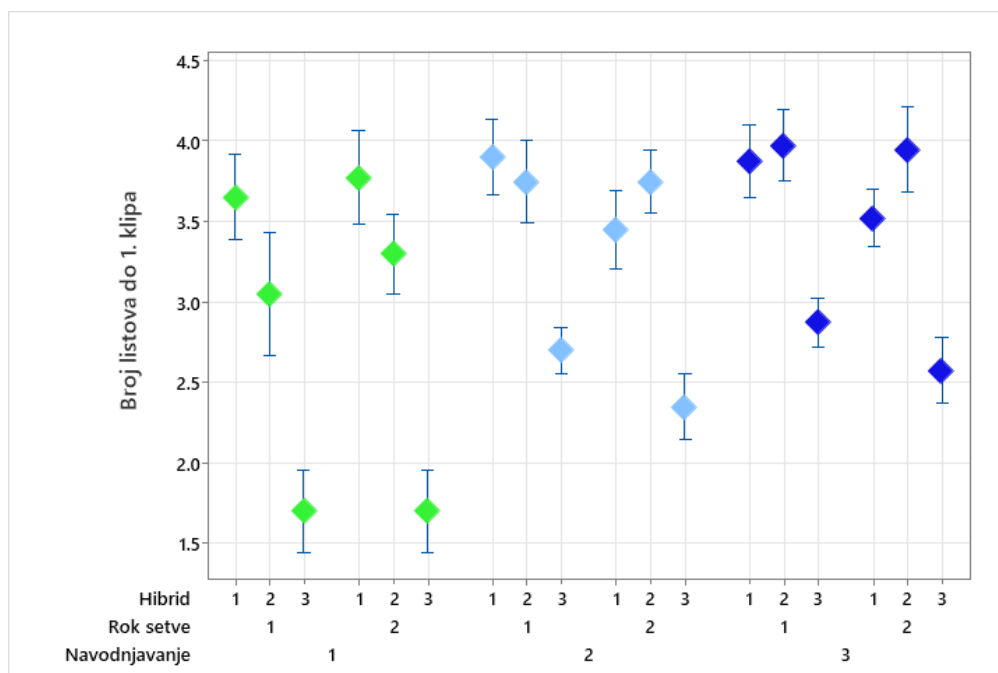
Veći broj listova omogućava veću lisnu površinu i intenzivniju fotosintezu, što može imati pozitivan uticaj na vegetativni rast i potencijalno na formiranje prinosa, što potvrđuju i drugi autori (Subaedah et al., 2016).

7.2.4. Broj listova do prvog klipa

Broj listova do prvog klipa predstavlja morfološku i fenološku osobinu koja je u velikoj meri genetički determinisana i relativno stabilna u različitim uslovima gajenja.

Rezultati pokazuju da se broj listova do prvog klipa razlikovao pre svega između ispitivanih hibrida, dok je uticaj navodnjavanja i roka setve bio manje izražen (Grafikon 11; Prilog: Tabela 1). Hibrid Union ostvario je najveće vrednosti ovog parametra (3,95–3,98 listova), dok je hibrid Enterprise imao nešto niže vrednosti (3,65–3,88 listova). Hibrid Sweet Nugget F₁ karakteriše značajno manji broj listova do prvog klipa (1,70–2,88), što potvrđuje njegovu ranostasnost i kraći vegetacioni period.

Povećanje norme navodnjavanja dovelo je do blagog porasta broja listova do prvog klipa. Na primer, kod hibrida Enterprise u prvom roku setve broj listova povećan je sa 3,65 u uslovima prirodnog režima vlaženja na 3,88 u uslovima pune norme navodnjavanja, što predstavlja povećanje od približno 6%. Ovakav rezultat ukazuje da, iako je osobina pretežno genetički kontrolisana, optimalni uslovi vodosnabdevanja mogu omogućiti njenu potpunu ekspresiju.



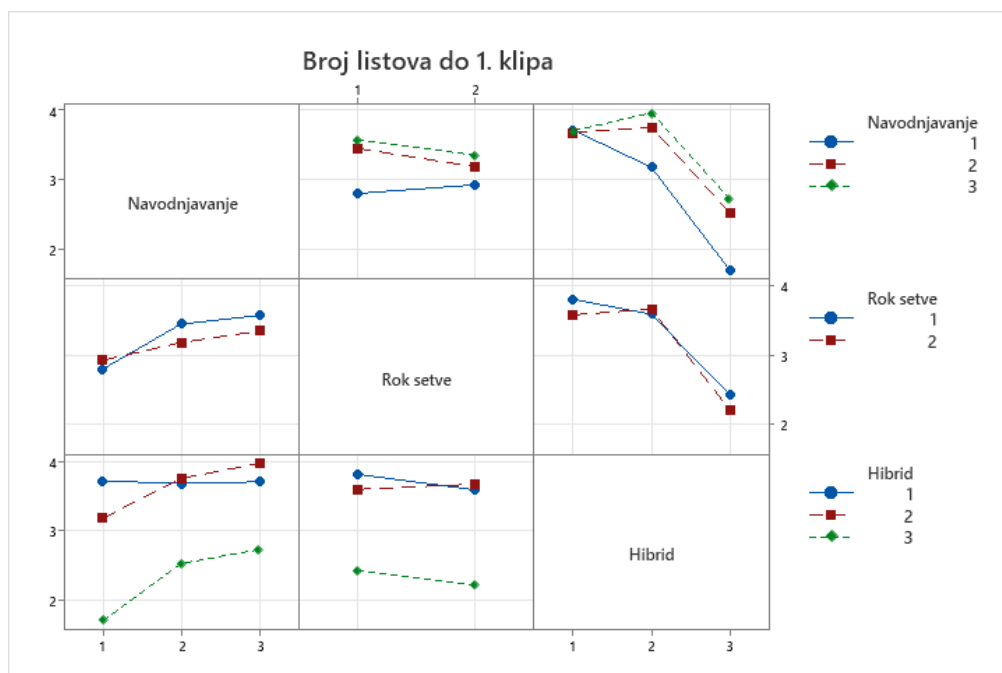
Grafikon 11. Intervalni Plot sa 95% intervalom poverenja za prosečnu vrednost za broj listova do prvog klipa pri različitim normama navodnjavanja u dva roka setve za ispitivane hibride kukuruza šećerca u periodu istraživanja (2021-2023). *Legenda:* Navodnjavanje: 1 - Kontrola (prirodni režim vlaženja); 2 - Redukovana norma – 50% od pune norme navodnjavanja; 3 - Puna norma navodnjavanja. Rok setve: 1 – Redovan rok (kraj aprila-početak maja); 2 – Postrni rok (početak jula). Hibrid: 1 – Enterprise F₁; 2 – Union F₁; 3 – Sweet Nugget F₁.

Analiza interakcijskih efekata (Grafikon 12) pokazuje da su razlike između hibrida stabilne u svim tretmanima, dok su efekti navodnjavanja i roka setve relativno mali.

U svim kombinacijama faktora hibrid Sweet Nugget F₁ zadržava najmanji broj listova do prvog klipa, dok hibridi Enterprise i Union pokazuju stabilnije i više vrednosti. Ovakav obrazac potvrđuje da genotip ima dominantnu ulogu u određivanju ovog svojstva.

Iako su promene pod uticajem navodnjavanja relativno male, uočava se trend povećanja broja listova u uslovima pune norme, što ukazuje da povoljniji uslovi vlažnosti mogu produžiti fazu formiranja listova i omogućiti formiranje dodatnih internodija pre inicijacije klipa.

Rezultati analize varijanse pokazuju da su faktori navodnjavanja i hibrida imali vrlo značajan uticaj na broj listova do prvog klipa ($p < 0,01$), dok je uticaj roka setve bio značajan na nivou $p < 0,05$. Razlike između tretmana potvrđene su LSD testom na nivou značajnosti $p < 0,05$ i $p < 0,01$ (Tabela 11).



Grafikon 12. Interakcijski Plot za broj listova do prvog klipa i uticaj posmatranih faktora za period istraživanja (2021-2023). *Legenda:* Navodnjavanje: 1 - Kontrola (prirodni režim vlaženja); 2 - Redukovana norma – 50% od pune norme navodnjavanja; 3 - Puna norma navodnjavanja. Rok setve: 1 – Redovan rok (kraj aprila-početak maja); 2 – Postrni rok (početak jula). Hibrid: 1 – Enterprise F₁; 2 – Union F₁; 3 – Sweet Nugget F₁.

Značajne dvostruke interakcije ukazuju da efekat pojedinačnih faktora zavisi od njihove kombinacije, dok trostruka interakcija nije bila statistički značajna, što potvrđuje relativnu stabilnost ove osobine.

Tabela 11. Analiza varijanse za ispitivane faktore i značajnost njihovog uticaja na broj listova do prvog klipa

Parametar		Broj listova do 1. klipa	
Faktor	Sig.	L.S.D.	L.S.D.
		(p<0,05)	(p<0,01)
Navodnjavanje	**	0,13052	0,17190
Rok setve	*	0,10657	0,14036
Hibrid	**	0,13052	0,17190
Navodnjavanje x Rok setve	**	0,18458	0,24311
Navodnjavanje x Hibrid	**	0,22607	0,29775
Rok setve x Hibrid	*	0,18458	0,24311
Navodnjavanje x Rok setve x Hibrid	nz	0,31971	0,42108

Legenda: Sig. – značajnost; p<0,01 **statistički vrlo značajno; p<0,05 *statistički značajno; p>0,05 ^{nz} nema statistički značajne razlike; L.S.D. – Test najmanje značajne razlike.

Dobijeni rezultati potvrđuju da je broj listova do prvog klipa pre svega genetički uslovljena osobina, što se ogleda u konzistentnim razlikama između hibrida u svim ispitivanim tretmanima. Ova stabilnost povezana je sa činjenicom da broj listova predstavlja fenološki parametar koji je usko vezan za dužinu vegetacionog perioda i genetički program razvoja biljke.

Manji uticaj spoljne sredine u poređenju sa drugim morfološkim osobinama ukazuje da je formiranje listova do prvog klipa manje osetljivo na kratkotrajne promene u uslovima

gajenja. Ipak, u optimalnim uslovima vlažnosti dolazi do blagog povećanja broja listova, što se može objasniti produženjem vegetativne faze i odlaganjem inicijacije generativnih organa.

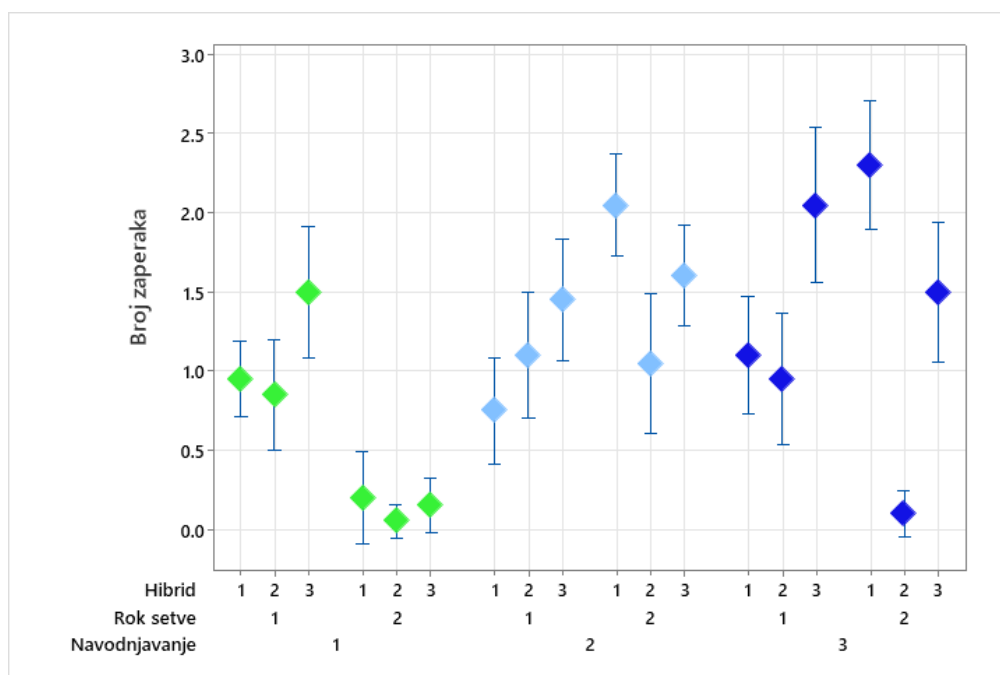
Izraženo manji broj listova kod hibrida Sweet Nugget F₁ ukazuje na njegovu ranostasnost i brži prelazak iz vegetativne u generativnu fazu razvoja, što je u skladu sa njegovim kraćim vegetacionim periodom.

Ukupno posmatrano, broj listova do prvog klipa predstavlja stabilan morfološki parametar koji može poslužiti kao pouzdan indikator genetičkih razlika između hibrida, dok uticaj spoljne sredine ima sekundarni značaj i ispoljava se kroz modifikaciju intenziteta njegove ekspresije.

7.2.5. Broj zaperaka

Broj zaperaka predstavlja važan morfološko-fiziološki parametar koji odražava vegetativnu snagu biljke i njenu sposobnost adaptacije na promenljive uslove gajenja.

Rezultati pokazuju da se broj zaperaka značajno razlikovao između ispitivanih hibrida, kao i pod uticajem navodnjavanja i roka setve (Grafikon 13; Prilog: Tabela 1). Hibrid Enterprise ostvario je najveći broj zaperaka (2,3), dok je hibrid Union imao najniže vrednosti (0,1), što ukazuje na izraženu genetičku kontrolu ovog svojstva. Hibrid Sweet Nugget F₁ pokazuje srednje vrednosti (1,5), što ukazuje na specifičan genotipski odgovor u odnosu na dostupnost resursa.



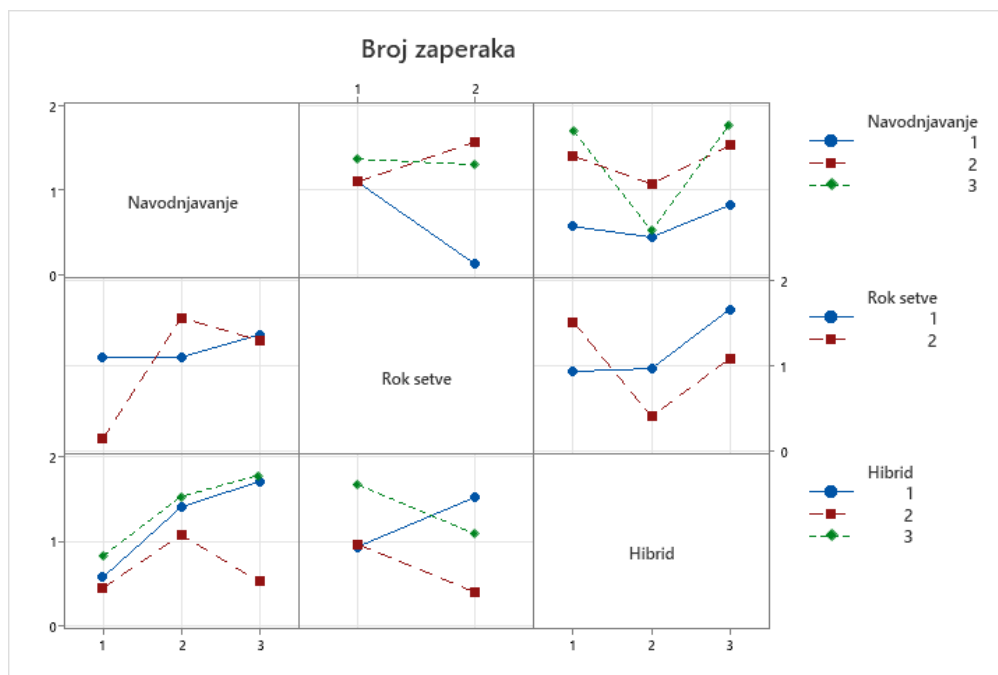
Grafikon 13. Intervalni Plot sa 95% intervalom poverenja za prosečnu vrednost za broj zaperaka pri različitim normama navodnjavanja u dva roka setve za ispitivane hibride kukuruza šećerca u periodu istraživanja (2021-2023). *Legenda:* Navodnjavanje: 1 - Kontrola (prirodni režim vlaženja); 2 - Redukovana norma – 50% od pune norme navodnjavanja; 3 - Puna norma navodnjavanja. Rok setve: 1 – Redovan rok (kraj aprila-početak maja); 2 – Postni rok (početak jula). Hibrid: 1 – Enterprise F₁; 2 – Union F₁; 3 – Sweet Nugget F₁.

Povećanje norme navodnjavanja dovelo je do značajnog porasta broja zaperaka kod svih hibrida. U poređenju sa kontrolnim tretmanom, broj zaperaka povećan je za približno 50–100%, u zavisnosti od hibrida i roka setve, što potvrđuje da dostupnost vode predstavlja ključni faktor za ispoljavanje vegetativnog potencijala biljke.

Analiza interakcijskih efekata pokazuje da broj zaperaka zavisi od složene interakcije genotipa, dostupnosti resursa i uslova gajenja (Grafikon 14).

U uslovima vodnog deficita dolazi do smanjenog formiranja zaperaka, što se može objasniti ograničenom dostupnošću resursa i usmeravanjem asimilata ka glavnom stablu i reproduktivnim organima. Nasuprot tome, u uslovima optimalnog vodosnabdevanja dolazi do intenzivnijeg formiranja zaperaka, što ukazuje na povećanu vegetativnu plastičnost biljke.

Razvoj zaperaka tesno je povezan sa dostupnošću resursa po biljci, uključujući vodu, hraniva i svetlost, što potvrđuju brojna istraživanja (Huťuliac et al., 2024; Rahmani et al., 2023).



Grafikon 14. Interakcijski Plot za broj zaperaka i uticaj posmatranih faktora za period istraživanja (2021-2023). *Legenda:* Navodnjavanje: 1 - Kontrola (prirodni režim vlaženja); 2 - Redukovana norma – 50% od pune norme navodnjavanja; 3 - Puna norma navodnjavanja. Rok setve: 1 – Redovan rok (kraj aprila-početak maja); 2 – Postrni rok (početak jula). Hibrid: 1 – Enterprise F₁; 2 – Union F₁; 3 – Sweet Nugget F₁.

Rezultati analize varijanse (Tabela 12) pokazuju da su svi ispitivani faktori, kao i njihove interakcije, imali vrlo značajan uticaj na broj zaperaka ($p < 0,01$). Razlike između tretmana potvrđene su LSD testom na nivou značajnosti $p < 0,05$ i $p < 0,01$.

Visoka statistička značajnost interakcija ukazuje da broj zaperaka predstavlja izrazito promenljivu osobinu, čija ekspresija u velikoj meri zavisi od uslova spoljne sredine.

Dobijeni rezultati potvrđuju da je broj zaperaka jedna od najplastičnijih morfoloških osobina kukuruza šećerca, čija ekspresija zavisi od dostupnosti resursa i interakcije genotipa i spoljne sredine.

Tabela 12. Analiza varijanse za ispitivane faktore i značajnost njihovog uticaja na broj zaperaka

Parametar		Broj zaperaka	
Faktor	Sig.	L.S.D. (p<0,05)	L.S.D. (p<0,01)
Navodnjavanje	**	0,18806	0,24769
Rok setve	*	0,15355	0,20224
Hibrid	**	0,18806	0,24769
Navodnjavanje x Rok setve	**	0,26596	0,35029
Navodnjavanje x Hibrid	**	0,32573	0,42901
Rok setve x Hibrid	**	0,26596	0,35029
Navodnjavanje x Rok setve x Hibrid	**	0,46065	0,60671

Legenda: Sig. – značajnost; p<0,01 **statistički vrlo značajno; p<0,05 *statistički značajno; p>0,05 ^{nz} nema statistički značajne razlike; L.S.D. – Test najmanje značajne razlike.

U uslovima povećane dostupnosti resursa dolazi do intenzivnijeg razvoja zaperaka, što je u skladu sa navodima da je njihovo formiranje direktno povezano sa raspoloživim resursima po biljci i sposobnošću biljke da ih efikasno koristi (Huțuliac et al., 2024; Rahmani et al., 2023). Nasuprot tome, u uslovima vodnog deficita dolazi do redukcije broja zaperaka, jer biljka usmerava raspoložive asimilate ka glavnom stablu i reproduktivnim organima.

Ovakvo ponašanje može se objasniti kroz koncept vegetativne i reproduktivne plastičnosti, prema kojem kukuruz prilagođava svoj rast raspoloživim resursima i uslovima sredine (Rotili et al., 2021). U povoljnim uslovima biljka razvija veći broj zaperaka kao dodatnu vegetativnu masu, dok u stresnim uslovima dolazi do njihove redukcije kako bi se optimizovala raspodela resursa i očuvao reproduktivni potencijal.

Međutim, povećan broj zaperaka može imati dvostruki efekat. S jedne strane, zaperci mogu doprineti ukupnoj fotosintetskoj aktivnosti biljke i predstavljati oblik kompenzacionog rasta, naročito u uslovima niže gustine biljaka i veće dostupnosti resursa (Huțuliac et al., 2024). Sa druge strane, oni mogu delovati kao konkurenti glavnom stablu za vodu, hraniva i svetlost, što može negativno uticati na prinos ukoliko resursi nisu ograničeni (Rotili et al., 2021; Rahmani et al., 2023).

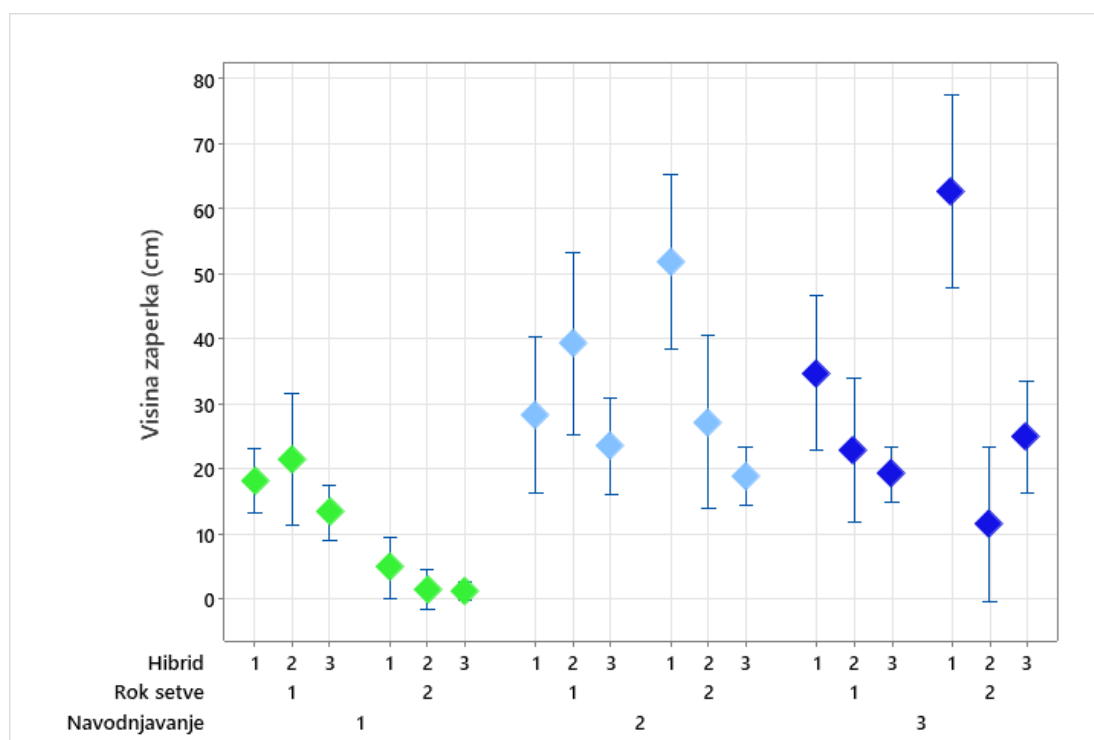
Posebno je značajno da zaperci retko formiraju produktivne klipove, već uglavnom funkcionišu kao potrošači resursa, što dodatno naglašava značaj njihove regulacije u intenzivnoj proizvodnji (Huțuliac et al., 2024). Povećana konkurencija između zaperaka i glavnog stabla može dovesti do smanjenja efikasnosti korišćenja resursa, naročito u uslovima visoke gustine biljaka (Rahmani et al., 2023).

Razlike između hibrida ukazuju na značaj genetičkog potencijala u formiranju zaperaka. Hibridi sa izraženijom vegetativnom snagom pokazuju veću sposobnost formiranja zaperaka u povoljnim uslovima, dok hibridi sa kompaktnijim habitusom imaju ograničen razvoj sekundarnih izdanaka.

Ukupno posmatrano, broj zaperaka predstavlja indikator adaptivne strategije biljke, pri čemu njihova uloga zavisi od balansa između dostupnih resursa i potrebe za održanjem reproduktivnog potencijala. U tom kontekstu, zaperci se mogu posmatrati kao mehanizam plastičnosti koji omogućava biljci da reaguje na promenljive agroekološke uslove, ali istovremeno i kao faktor koji može ograničiti prinos u uslovima izražene konkurencije za resurse.

7.2.6. Visina zaperka

Visina zaperaka predstavlja važan morfološki parametar koji odražava intenzitet sekundarnog vegetativnog porasta i raspodelu biomase unutar biljke.



Grafikon 15. Intervalni Plot sa 95% intervalom poverenja za prosečnu vrednost za visinu zaperka (cm) pri različitim normama navodnjavanja u dva roka setve za ispitivane hibride kukuruza šećerca u periodu istraživanja (2021-2023). *Legenda:* Navodnjavanje: 1 - Kontrola (prirodni režim vlaženja); 2 - Redukovana norma – 50% od pune norme navodnjavanja; 3 - Puna norma navodnjavanja. Rok setve: 1 – Redovan rok (kraj aprila-početak maja); 2 – Postrni rok (početak jula). Hibrid: 1 – Enterprise F₁; 2 – Union F₁; 3 – Sweet Nugget F₁.

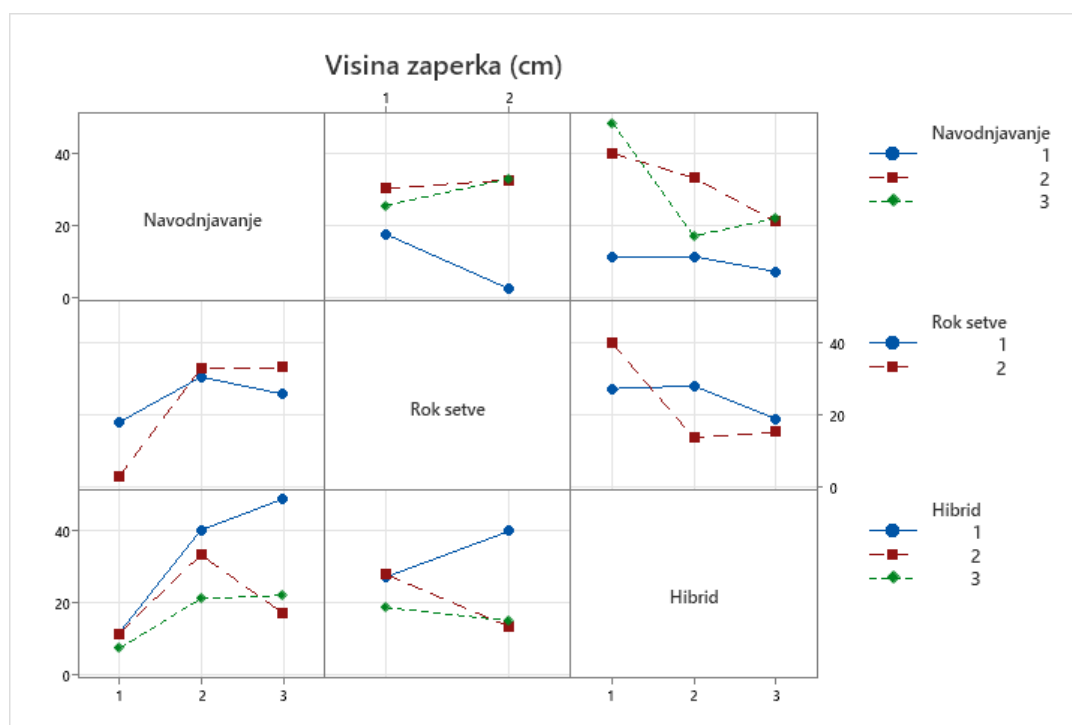
Rezultati pokazuju da se visina zaperaka značajno razlikovala između ispitivanih hibrida, kao i pod uticajem navodnjavanja i roka setve (Grafikon 15; Prilog: Tabela 1). Hibrid Enterprise ostvario je najveće vrednosti ovog parametra, dok je hibrid Union imao najniže vrednosti, što ukazuje na izražene genetičke razlike u sposobnosti razvoja sekundarnih izdanaka. Hibrid Sweet Nugget F₁ pokazuje srednje vrednosti, što ukazuje na umeren intenzitet bočnog porasta.

Povećanje norme navodnjavanja dovelo je do značajnog porasta visine zaperaka kod svih hibrida. U poređenju sa uslovima bez navodnjavanja, visina zaperaka povećana je za približno 30–60%, u zavisnosti od hibrida i roka setve. Ovakav rezultat ukazuje da dostupnost vode omogućava intenzivniji rast sekundarnih izdanaka i njihovo veće izduživanje.

Analiza interakcijskih efekata (Grafikon 16) pokazuje da visina zaperaka zavisi od složene interakcije genotipa, dostupnosti resursa i klimatskih uslova.

U uslovima vodnog deficita, naročito u kasnijem roku setve, zabeležene su najniže vrednosti visine zaperaka. Ovakav odgovor može se objasniti ograničenim rastom biljke i smanjenom elongacijom ćelija usled nedostatka vode i visokih temperatura.

U uslovima navodnavanja, naročito pri punoj normi, dolazi do intenzivnijeg rasta zaperaka, što ukazuje na povećanu vegetativnu aktivnost i bolju raspodelu resursa. Ovaj efekat je najizraženiji kod hibrida Enterprise, koji pokazuje najveću sposobnost reagovanja na poboljšane uslove gajenja.



Grafikon 16. Interakcijski Plot za visinu zaperka i uticaj posmatranih faktora za period istraživanja (2021-2023). *Legenda:* Navodnjavanje: 1 - Kontrola (prirodni režim vlaženja); 2 - Redukovana norma – 50% od pune norme navodnjavanja; 3 - Puna norma navodnjavanja. Rok setve: 1 – Redovan rok (kraj aprila-početak maja); 2 – Postrni rok (početak jula). Hibrid: 1 – Enterprise F₁; 2 – Union F₁; 3 – Sweet Nugget F₁.

Rezultati analize varijanse (Tabela 13) pokazuju da su svi ispitivani faktori, kao i njihove interakcije, imali vrlo značajan uticaj na visinu zaperka ($p < 0,01$). Razlike između tretmana potvrđene su LSD testom na nivou značajnosti $p < 0,05$ i $p < 0,01$.

Visoka statistička značajnost interakcija ukazuje da visina zaperka predstavlja osetljiv parametar koji snažno reaguje na promene u uslovima spoljne sredine.

Dobijeni rezultati potvrđuju da je visina zaperka izrazito plastična osobina, koja u velikoj meri zavisi od dostupnosti resursa i uslova gajenja.

U uslovima optimalnog vodosnabdevanja dolazi do intenzivnijeg rasta i izduživanja zaperaka, što je povezano sa povećanim turgorom ćelija i intenzivnijom ćelijskom elongacijom. Nasuprot tome, u uslovima vodnog deficita dolazi do smanjenja visine zaperaka, što je posledica ograničenog rasta i adaptivnog odgovora biljke na stres.

Tabela 13. Analiza varijanse za ispitivane faktore i značajnost njihovog uticaja na visinu zaperka

Parametar		Visina zaperka	
Faktor	Sig.	L.S.D. (p<0,05)	L.S.D. (p<0,01)
Navodnjavanje	**	5,16872	6,80762
Rok setve	nz	4,22025	5,55840
Hibrid	**	5,16872	6,80762
Navodnjavanje x Rok setve	**	7,30968	9,62742
Navodnjavanje x Hibrid	**	8,95249	11,79114
Rok setve x Hibrid	**	7,30968	9,62742
Navodnjavanje x Rok setve x Hibrid	nz	12,66074	16,67519

Legenda: Sig. – značajnost; p<0,01 ** statistički vrlo značajno; p>0,05 ^{nz} nema statistički značajne razlike; L.S.D. – Test najmanje značajne razlike.

Visina zaperaka ima značajan funkcionalni značaj, jer određuje njihov položaj u biljnoj krošnji i nivo dostupne svetlosti. Viši zaperci imaju veći pristup svetlosti i mogu aktivnije učestvovati u fotosintezi, dok niži zaperci često ostaju u zaseni glavnog stabla i imaju manji doprinos ukupnoj fotosintetskoj aktivnosti.

Ovakav odnos može se objasniti kroz koncept konkurencije za svetlost i raspodele asimilata unutar biljke, gde položaj organa u krošnji direktno utiče na njihovu funkcionalnu ulogu (Rotili et al., 2021). Takođe, povećana lisna masa na višim zaperima može doprineti ukupnoj fotosintetskoj aktivnosti, ali istovremeno može povećati konkurenciju za resurse sa glavnim stabljikom (Huťuliac et al., 2024; Rahmani et al., 2023).

Razlike između hibrida ukazuju da genetički potencijal ima značajnu ulogu u određivanju intenziteta i visine sekundarnog porasta. Hibridi sa izraženijom vegetativnom snagom razvijaju više i više zaperke u povoljnim uslovima, dok hibridi sa kompaktnijim habitusom pokazuju ograničen razvoj sekundarnih izdanaka.

Ukupno posmatrano, visina zaperaka predstavlja važan indikator raspodele biomase i adaptivne strategije biljke, pri čemu njen uticaj na proizvodni potencijal zavisi od balansa između fotosintetskog doprinosa i konkurencije za resurse.

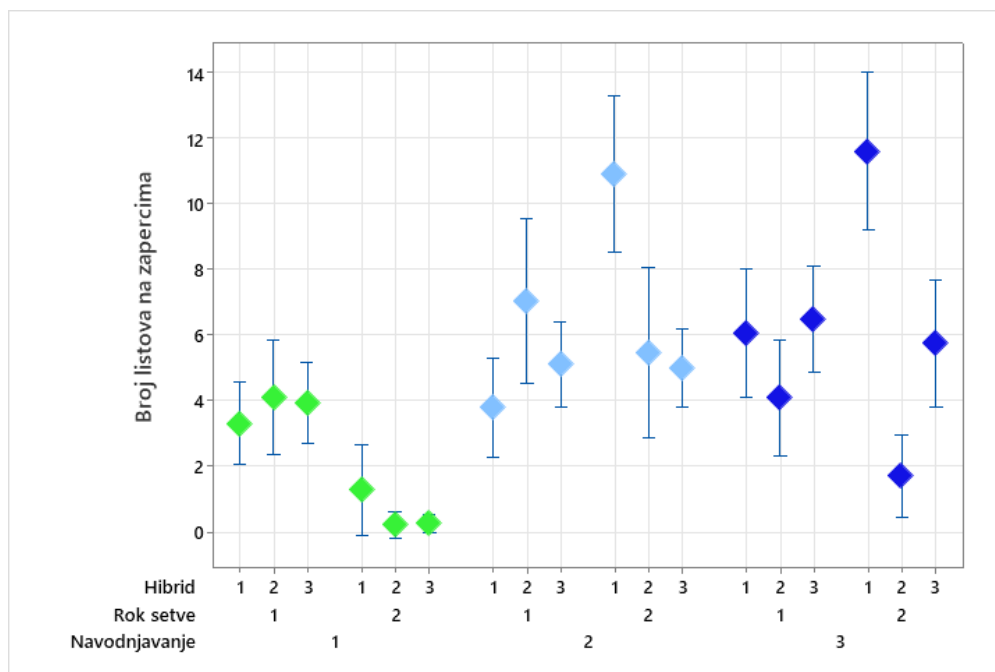
7.2.7. Broj listova na zapercima

Broj listova na zapercima predstavlja morfološko-fiziološki parametar koji odražava intenzitet sekundarnog vegetativnog porasta i potencijal dodatne fotosintetske aktivnosti biljke.

Rezultati pokazuju da se broj listova na zapercima značajno razlikovao između ispitivanih hibrida, kao i pod uticajem navodnjavanja i roka setve (Grafikon 17; Prilog: Tabela 1). Hibrid Enterprise ostvario je najveće vrednosti ovog parametra (1,28-11,63), dok je hibrid Union imao najniže vrednosti (0,2-7,05), što ukazuje na izražene genetičke razlike u sposobnosti razvoja sekundarne lisne mase. Hibrid Sweet Nugget F₁ pokazuje srednje vrednosti (0,25-6,5), što potvrđuje njegov umeren intenzitet bočnog porasta.

Povećanje norme navodnjavanja dovelo je do porasta broja listova na zapercima kod svih hibrida. U poređenju sa uslovima bez navodnjavanja, broj listova na zapercima povećan je za približno 40–80%, u zavisnosti od hibrida i roka setve. Ovakav rezultat ukazuje da

dostupnost vode omogućava intenzivniji razvoj sekundarne lisne mase i povećava ukupni fotosintetski potencijal biljke.

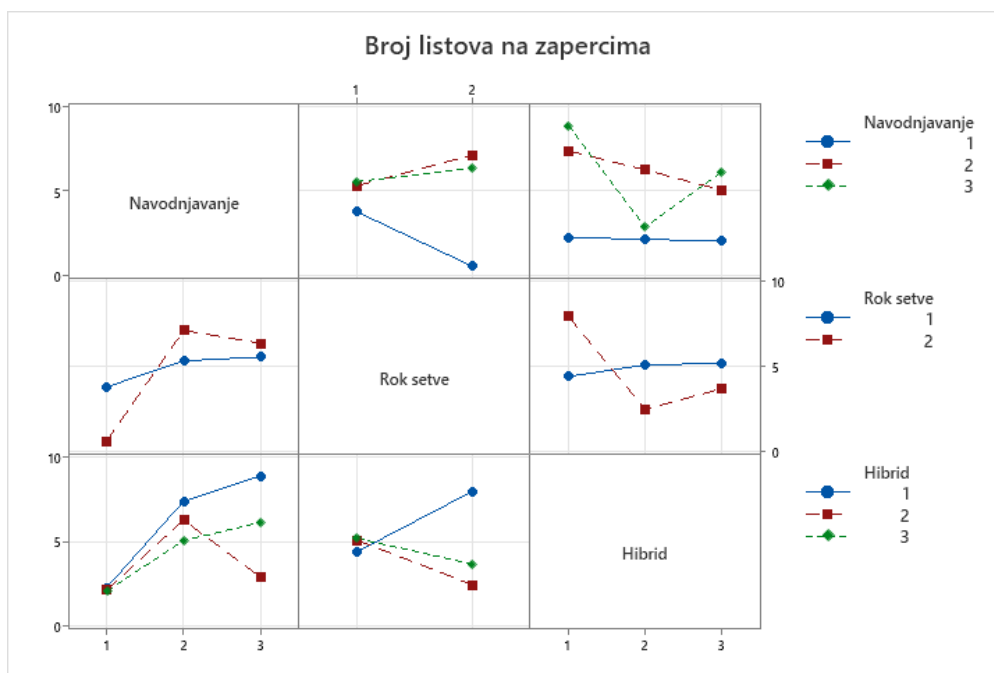


Grafikon 17. Intervalni Plot sa 95% intervalom poverenja za prosečnu vrednost za ukupan broj listova na zapercima pri različitim normama navodnjavanja u dva roka setve za ispitivane hibride kukuruza šećerca u periodu istraživanja (2021-2023). *Legenda:* Navodnjavanje: 1 - Kontrola (prirodni režim vlaženja); 2 - Redukovana norma – 50% od pune norme navodnjavanja; 3 - Puna norma navodnjavanja. Rok setve: 1 – Redovan rok (kraj aprila-početak maja); 2 – Postrni rok (početak jula). Hibrid: 1 – Enterprise F₁; 2 – Union F₁; 3 – Sweet Nugget F₁.

Analiza interakcijskih efekata (Grafikon 18) pokazuje da broj listova na zapercima zavisi od složene interakcije genotipa, dostupnosti resursa i klimatskih uslova.

U uslovima vodnog deficita, naročito u kasnijem roku setve, zabeležen je značajno manji broj listova na zapercima, što se može objasniti redukcijom vegetativnog rasta i ograničenim razvojem sekundarnih izdanaka. U uslovima navodnjavanja ovaj efekat je ublažen, što potvrđuje da dostupnost vode omogućava stabilniji razvoj lisne mase.

Razlike između hibrida ostaju izražene u svim tretmanima, pri čemu hibridi sa većom vegetativnom snagom razvijaju veći broj listova na zapercima, što ukazuje na genetički determinisanu sposobnost formiranja sekundarne lisne površine.



Grafikon 18. Interakcijski Plot za ukupan broj listova na zapercima i uticaj posmatranih faktora za period istraživanja (2021-2023). *Legenda:* Navodnjavanje: 1 - Kontrola (prirodni režim vlaženja); 2 - Redukovana norma – 50% od pune norme navodnjavanja; 3 - Puna norma navodnjavanja. Rok setve: 1 – Redovan rok (kraj aprila-početak maja); 2 – Postni rok (početak jula). Hibrid: 1 – Enterprise F₁; 2 – Union F₁; 3 – Sweet Nugget F₁.

Rezultati analize varijanse (Tabela 14) pokazuju da su svi ispitivani faktori, kao i njihove interakcije, imali vrlo značajan uticaj na broj listova na zapercima ($p < 0,01$). Razlike između tretmana potvrđene su LSD testom na nivou značajnosti $p < 0,05$ i $p < 0,01$.

Visoka statistička značajnost interakcija ukazuje da ovaj parametar predstavlja osetljiv indikator promena u uslovima gajenja.

Tabela 14. Analiza varijanse za ispitivane faktore i značajnost njihovog uticaja na ukupan broj listova

Parametar	Ukupan broj listova na zapercima		
		L.S.D. ($p < 0,05$)	L.S.D. ($p < 0,01$)
Faktor	Sig.		
Navodnjavanje	**	0,92589	1,21946
Rok setve	nz	0,75598	0,99569
Hibrid	**	0,92589	1,21946
Navodnjavanje x Rok setve	**	1,30940	1,72458
Navodnjavanje x Hibrid	**	1,60368	2,11217
Rok setve x Hibrid	**	1,30940	1,72458
Navodnjavanje x Rok setve x Hibrid	*	2,26795	2,98706

Legenda: Sig. – značajnost; $p < 0,01$ ** statistički vrlo značajno; $p < 0,05$ * statistički značajno; $p > 0,05$ ^{nz} nema statistički značajne razlike; L.S.D. – Test najmanje značajne razlike.

Dobijeni rezultati potvrđuju da broj listova na zapercima predstavlja izrazito plastičnu morfološku osobinu, čija ekspresija u velikoj meri zavisi od dostupnosti resursa i uslova gajenja.

U uslovima optimalnog vodosnabdevanja dolazi do intenzivnijeg razvoja sekundarne lisne mase, što se može objasniti povećanom dostupnošću vode i hraniva, kao i boljim fiziološkim statusom biljke. Ovakav odgovor u skladu je sa navodima Huṭuliac et al. (2024) i Rahmani et al. (2023), koji ističu da povećana dostupnost resursa po biljci omogućava intenzivniji razvoj vegetativnih organa, uključujući i zaperke i njihovu lisnu masu.

Sa druge strane, u uslovima vodnog deficita dolazi do smanjenja broja listova na zapercima, što predstavlja adaptivni odgovor biljke u cilju smanjenja transpiracije i očuvanja raspoloživih resursa. Slične rezultate navode Nemeskéri et al. (2019), koji ističu da stresni uslovi dovode do redukcije vegetativnog rasta, uključujući i razvoj sekundarnih organa.

Razvoj listova na zapercima teho je povezan sa ukupnim vegetativnim potencijalom biljke i raspodelom asimilata između glavnog stabla i sekundarnih izdanaka. Prema Sangoi et al. (2002), zaperci mogu značajno uticati na raspodelu asimilata, pri čemu povećana lisna masa na zapercima može dovesti do jače konkurencije sa glavnim stablom, naročito u uslovima ograničenih resursa.

U tom kontekstu, broj listova na zapercima ima dvostruku funkcionalnu ulogu. S jedne strane, povećana lisna površina može doprineti povećanju ukupne fotosintetske aktivnosti biljke i predstavljati dodatni izvor asimilata. Sa druge strane, ukoliko se listovi nalaze u zaseni glavnog stabla, njihov doprinos fotosintezi može biti ograničen, dok istovremeno predstavljaju potrošače resursa. Ovakav odnos u skladu je sa konceptom raspodele svetlosti unutar biljne krošnje i interakcije između organa, što naglašavaju Rotili et al. (2021).

Značaj položaja i razvijenosti lisne mase dodatno potvrđuju istraživanja o uticaju agrotehničkih mera na vegetativni razvoj kukuruza. U uslovima smanjene obrade zemljišta i nižih temperatura zemljišta dolazi do sporijeg početnog razvoja biljaka i smanjenja vegetativne mase, što indirektno utiče i na razvoj sekundarnih izdanaka i njihovih listova. Ovi rezultati ukazuju da faktori koji utiču na rani vegetativni rast imaju dugoročan efekat na formiranje lisne mase (Kinoshita et al., 2003).

Takođe, prema Kinoshita et al. (2003), razvoj vegetativnih organa kod kukuruza zavisi od interakcije između genotipa i spoljne sredine, pri čemu povoljniji uslovi gajenja omogućavaju intenzivniji razvoj lisne mase i ukupne biomase biljke. Ovaj nalaz dodatno potvrđuje rezultate ovog istraživanja, gde su veće vrednosti broja listova na zapercima zabeležene u uslovima navodnjavanja.

Razlike između hibrida ukazuju na značaj genetičkog potencijala u formiranju sekundarne lisne mase. Hibridi sa izraženijom vegetativnom snagom razvijaju veći broj listova na zapercima, dok hibridi sa kompaktnijim habitusom pokazuju ograničen razvoj ovih organa.

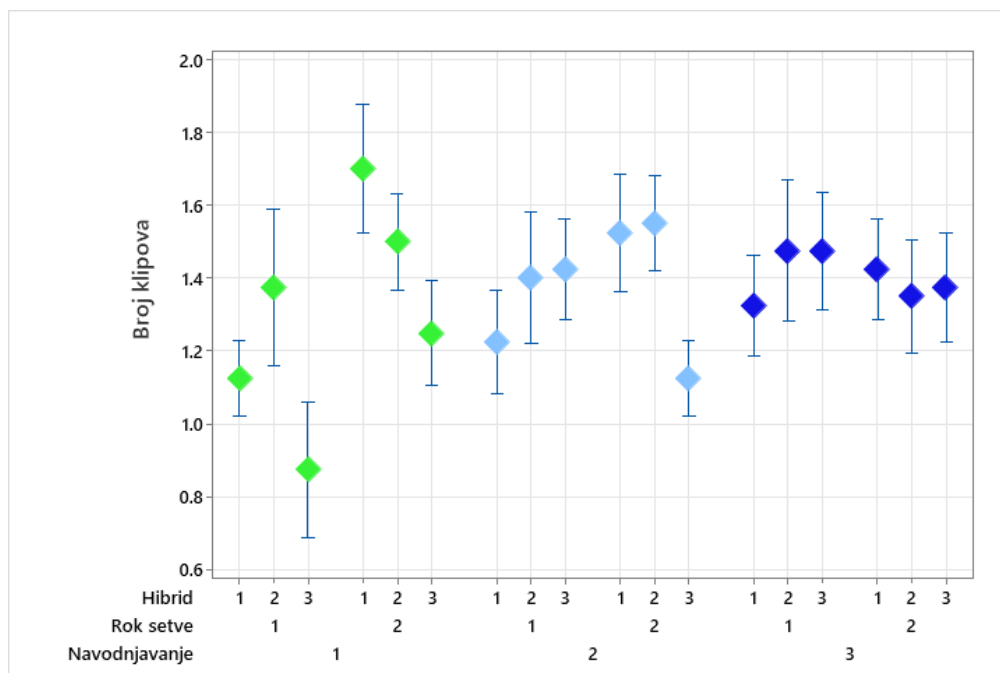
Listovi na zapercima mogu imati dvostruku funkcionalnu ulogu u zavisnosti od uslova gajenja. U povoljnim uslovima oni doprinose ukupnoj fotosintetskoj aktivnosti biljke i predstavljaju dodatni izvor asimilata. Nasuprot tome, u uslovima ograničenih resursa njihov fotosintetski doprinos je smanjen, dok potreba za održavanjem ostaje, čime mogu predstavljati konkurenciju glavnom stablu i klipu za raspoložive asimilate.

Ukupno posmatrano, broj listova na zapercima predstavlja važan indikator adaptivne strategije biljke i njene sposobnosti da optimizuje fotosintetsku aktivnost u odnosu na raspoložive resurse, pri čemu njegov uticaj na prinos zavisi od balansa između dodatne fotosintetske površine i konkurencije za resurse.

7.2.8. Broj klipova po biljci

Broj klipova po biljci predstavlja proizvodnu osobinu (komponentu prinosa), ali je u ovom radu uključen u analizu morfoloških parametara zbog svoje funkcionalne povezanosti sa vegetativnim razvojem, raspodelom asimilata i strukturom biljke.

Broj klipova po biljci predstavlja ključnu proizvodnu osobinu kukuruza šećerca koja direktno utiče na formiranje prinosa i odražava sposobnost biljke da raspoložive resurse usmeri ka generativnim organima.



Grafikon 19. Intervalni Plot sa 95% intervalom poverenja za prosečnu vrednost za broj klipova pri različitim normama navodnjavanja u dva roka setve za ispitivane hibride kukuruza šećerca u periodu istraživanja (2021-2023). *Legenda:* Navodnjavanje: 1 - Kontrola (prirodni režim vlaženja); 2 - Redukovana norma – 50% od pune norme navodnjavanja; 3 - Puna norma navodnjavanja. Rok setve: 1 – Redovan rok (kraj aprila-početak maja); 2 – Postrni rok (početak jula). Hibrid: 1 – Enterprise F₁; 2 – Union F₁; 3 – Sweet Nugget F₁.

Rezultati pokazuju da se broj klipova po biljci značajno razlikovao između ispitivanih hibrida, kao i pod uticajem navodnjavanja i roka setve (Grafikon 19; Prilog: Tabela 1). Hibrid Enterprise ostvario je najveće vrednosti ovog parametra (1,13-1,70), dok je hibrid Union imao najniže vrednosti (1,35-1,55), što ukazuje na izražene genetičke razlike u reproduktivnom potencijalu. Hibrid Sweet Nugget F₁ pokazuje srednje vrednosti (0,88-1,48), što potvrđuje njegov umeren proizvodni potencijal.

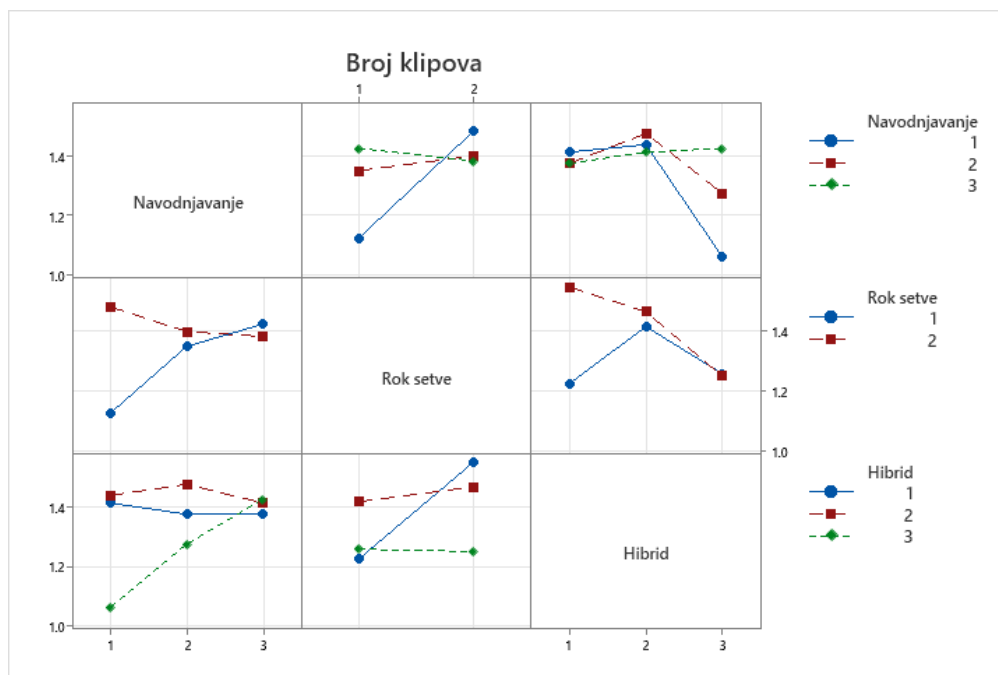
Povećanje norme navodnjavanja dovelo je do porasta broja klipova po biljci kod svih hibrida. U poređenju sa uslovima bez navodnjavanja, broj klipova povećan je za približno 10–30%, u zavisnosti od hibrida i roka setve. Ovakav rezultat ukazuje da dostupnost vode ima ključnu ulogu u formiranju generativnih organa i stabilnosti reproduktivnog procesa, što potvrđuju i ranija istraživanja (Tuncay et al., 2005; Lushinger and Camilo, 2008; Sheikh and Dar, 2017; Hussain, 2022).

Analiza interakcijskih efekata (Grafikon 20) pokazuje da broj klipova po biljci zavisi od složene interakcije genotipa, dostupnosti resursa i klimatskih uslova.

U uslovima vodnog deficita, naročito u kasnijem roku setve, zabeležen je manji broj klipova kod svih hibrida. Ovakav odgovor može se objasniti redukcijom generativnog

potencijala usled stresa, pri čemu biljka ograničava formiranje dodatnih klipova kako bi obezbedila razvoj jednog dominantnog klipa. Slične rezultate navode Nemeskéri et al. (2019), koji ističu da stresni uslovi dovode do smanjenja reproduktivnog potencijala biljke.

U uslovima navodnjavanja, naročito pri punoj normi, dolazi do stabilnijeg formiranja klipova, što ukazuje na povoljnije uslove za oplodnju i razvoj generativnih organa. Ovaj efekat je najizraženiji kod hibrida Enterprise, koji pokazuje najveću sposobnost reagovanja na poboljšane uslove gajenja.



Grafikon 20. Interakcijski Plot za broj klipova i uticaj posmatranih faktora za period istraživanja (2021-2023). *Legenda:* Navodnjavanje: 1 - Kontrola (prirodni režim vlaženja); 2 - Redukovana norma – 50% od pune norme navodnjavanja; 3 - Puna norma navodnjavanja. Rok setve: 1 – Redovan rok (kraj aprila-početak maja); 2 – Postrni rok (početak jula). Hibrid: 1 – Enterprise F₁; 2 – Union F₁; 3 – Sweet Nugget F₁.

Rezultati analize varijanse (Tabela 15) pokazuju da su faktori navodnjavanja i hibrida imali vrlo značajan uticaj na broj klipova po biljci ($p < 0,01$), dok je uticaj roka setve bio značajan na nivou $p < 0,05$. Razlike između tretmana potvrđene su LSD testom na nivou značajnosti $p < 0,05$ i $p < 0,01$.

Statistički značajne interakcije ukazuju da efekat pojedinačnih faktora zavisi od njihove međusobne kombinacije, što potvrđuje kompleksnu prirodu formiranja ove osobine.

Tabela 15. Analiza varijanse za ispitivane faktore i značajnost njihovog uticaja na broj klipova

Parametar		Broj klipova	
Faktor	Sig.	L.S.D. (p<0,05)	L.S.D. (p<0,01)
Navodnjavanje	nz	0,08498	0,11193
Rok setve	**	0,06939	0,09139
Hibrid	**	0,08498	0,11193
Navodnjavanje x Rok setve	**	0,12018	0,15829
Navodnjavanje x Hibrid	**	0,14719	0,19386
Rok setve x Hibrid	**	0,12018	0,15829
Navodnjavanje x Rok setve x Hibrid	*	0,20816	0,27416

Legenda: Sig. – značajnost; p<0,01 **statistički vrlo značajno; p<0,05 *statistički značajno; p>0,05 ^{nz} nema statistički značajne razlike; L.S.D. – Test najmanje značajne razlike.

U povoljnim uslovima, kada su voda i hraniva dostupni u dovoljnoj meri, biljka može formirati veći broj klipova, što je u skladu sa većim reproduktivnim potencijalom i efikasnijim korišćenjem asimilata. Nasuprot tome, u uslovima stresa, naročito pri nedostatku vode i visokim temperaturama, dolazi do redukcije broja klipova i zadržavanja jednog dominantnog klipa, što predstavlja adaptivni mehanizam biljke za očuvanje prinosa (Hussain, 2022; Nemeskéri et al., 2019).

Ovakvo ponašanje biljke može se objasniti kroz odnos između vegetativnih i generativnih organa, gde dolazi do preraspodele asimilata u korist reproduktivnih struktura u uslovima ograničenih resursa. Slične rezultate navode Sangoi et al. (2002), koji ističu da formiranje više klipova zavisi od dostupnosti resursa i njihove raspodele unutar biljke.

Uticaj uslova gajenja na ovu osobinu potvrđuju i Tuncay et al. (2005) i Lushsinger and Camilo (2008), koji ukazuju na značajnu varijabilnost broja klipova po biljci u zavisnosti od agroekoloških uslova.

Pored toga, razvoj sekundarnih izdanaka, odnosno zaperaka, može značajno uticati na broj klipova po biljci. Povećan vegetativni porast može dovesti do konkurencije za vodu, hraniva i svetlost između glavnog stabla i sekundarnih organa, što može smanjiti potencijal formiranja dodatnih klipova, naročito u uslovima ograničenih resursa (Rotili et al., 2021; Huțuliac et al., 2024; Rahmani et al., 2023).

Uloga zaperaka u ovom procesu može biti dvostruka. U povoljnim uslovima oni mogu doprineti ukupnoj fotosintetskoj aktivnosti biljke i povećati raspoloživost asimilata, dok u stresnim uslovima mogu predstavljati konkurenciju glavnom stablu i negativno uticati na formiranje klipova.

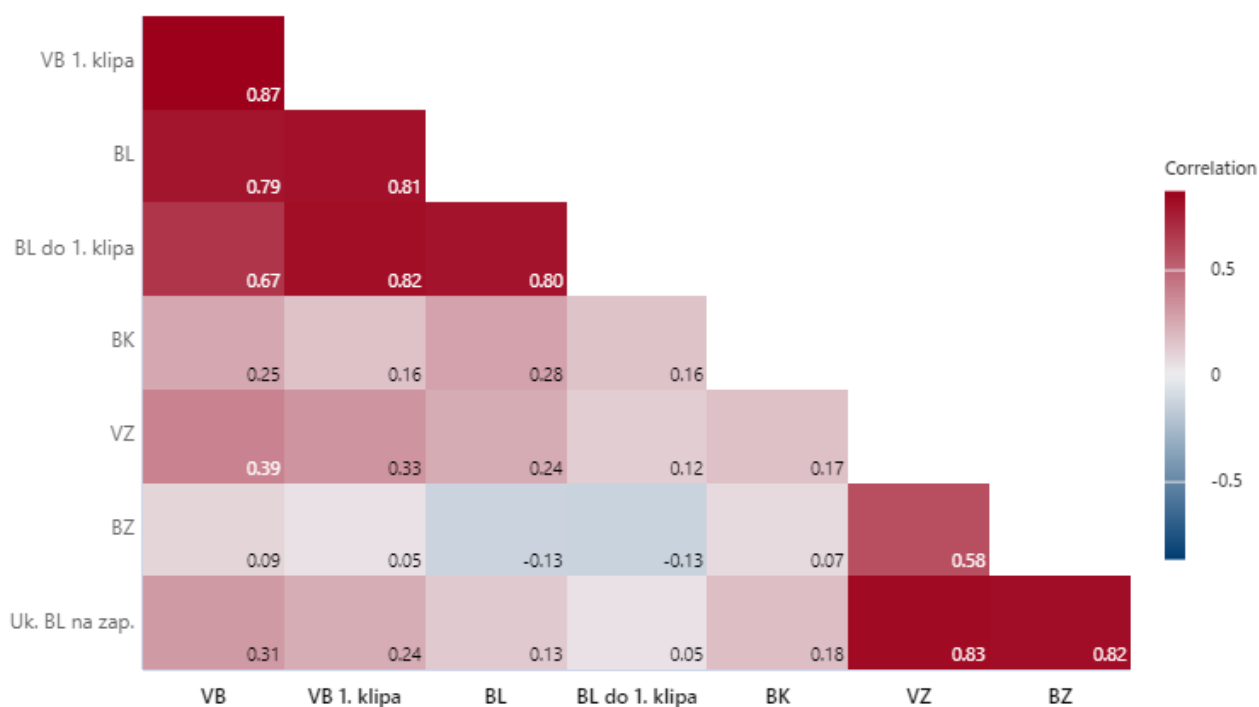
Razlike između hibrida ukazuju na značaj genetičkog potencijala u određivanju reproduktivne sposobnosti biljke. Hibridi sa izraženijom vegetativnom snagom i većom plastičnošću pokazuju veću sposobnost formiranja više klipova u povoljnim uslovima, dok hibridi sa stabilnijim habitusom zadržavaju manji broj klipova, ali uz veću stabilnost u različitim uslovima gajenja, što je u skladu sa nalazima drugih autora (Kilinç et al., 2021; Subaedah et al., 2016).

Ukupno posmatrano, broj klipova po biljci predstavlja indikator adaptivne strategije biljke i efikasnosti korišćenja resursa, pri čemu njegov konačan uticaj na prinos zavisi od balansa između broja klipova i njihove razvijenosti.

7.2.9. Korelaciona analiza morfoloških osobina

Korelaciona analiza morfoloških osobina kukuruza šećerca omogućava uvid u međusobne odnose između vegetativnih i generativnih parametara i njihovu zajedničku ulogu u formiranju proizvodnog potencijala biljke.

Rezultati ukazuju na postojanje značajnih pozitivnih korelacija između većine ispitivanih parametara (Grafikon 21). Najizraženija pozitivna korelacija utvrđena je između visine biljke i visine do prvog klipa ($r=0,87$), što ukazuje na proporcionalan rast biljke i usklađen razvoj vegetativnih organa. Ovakav odnos potvrđuje da intenzivniji vegetativni rast direktno utiče na poziciju generativnih organa.



Grafikon 21. Koeficijent korelacije između proučavanih parametara (VB – visina biljke, VB 1. klipa – visina biljke do 1. klipa, BL – ukupan broj listova, BL do 1. klipa – broj listova do 1. klipa, BK – broj klipova, VZ – visina zaperka, BZ – broj zaperaka, Uk. BL na zap. – ukupan broj listova na zapercima)

Takođe, značajna pozitivna korelacija utvrđena je između ukupnog broja listova i visine biljke ($r=0,79$), što ukazuje da veći broj listova doprinosi intenzivnijem vegetativnom rastu i većoj biomasi biljke. Sličan odnos zabeležen je i između broja listova i visine do klipa ($r=0,80$), što potvrđuje značaj lisne mase u formiranju strukture biljke.

Parametri koji se odnose na bočni porast, kao što su broj zaperaka, visina zaperaka i broj listova na zapercima, međusobno su pozitivno korelisani, što ukazuje na koordinisan razvoj sekundarnih izdanaka. Ovi rezultati potvrđuju da biljke sa izraženijim vegetativnim potencijalom razvijaju veći broj i veću masu zaperaka.

Međutim, korelacija između parametara bočnog porasta i reproduktivnih osobina pokazuje složeniji odnos. Uočena je slaba do umerena negativna korelacija između broja zaperaka i broja klipova po biljci, što ukazuje da povećan vegetativni porast može dovesti do konkurencije za resurse i smanjenja reproduktivnog potencijala. Ovakav odnos potvrđuje da postoji balans između vegetativnog i generativnog razvoja biljke.

Broj klipova po biljci pokazuje pozitivnu korelaciju sa visinom biljke i ukupnim brojem listova, što ukazuje da razvijeniji vegetativni sistem može obezbediti bolje uslove za formiranje generativnih organa. Međutim, ova korelacija nije uvek jaka, što ukazuje da povećanje vegetativne mase ne mora nužno dovesti do povećanja broja klipova, već da je ključan faktor raspoloživost resursa i njihova raspodela unutar biljke.

Dobijeni rezultati korelacione analize potvrđuju da su morfološke osobine kukuruza šećerca međusobno povezane i da zajedno određuju proizvodni potencijal biljke.

Jaka povezanost između vegetativnih parametara ukazuje na koordinisan rast biljke, gde povećanje lisne mase i visine doprinosi formiranju ukupne biomase. Ovakav odnos u skladu je sa nalazima drugih autora (Subaedah et al., 2016; Kilinç et al., 2021), koji ističu značaj vegetativnog razvoja u formiranju prinosa.

Sa druge strane, uočeni negativni odnosi između parametara bočnog porasta i reproduktivnih osobina ukazuju na postojanje konkurencije za resurse unutar biljke. Slične rezultate navode Sangoi et al. (2002) i Rotili et al. (2021), koji ističu da povećan vegetativni porast, naročito razvoj zaperaka, može smanjiti efikasnost formiranja generativnih organa u uslovima ograničenih resursa.

Uloga zaperaka u ovom procesu zavisi od uslova gajenja. U povoljnim uslovima oni mogu doprineti povećanju fotosintetske aktivnosti i obezbediti dodatne asimilate, dok u stresnim uslovima mogu predstavljati konkurenciju glavnom stablu i klipu (Huțuliac et al., 2024; Rahmani et al., 2023).

Takođe, korelacioni odnosi ukazuju da broj klipova po biljci nije isključivo zavisn od pojedinačnih morfoloških osobina, već od njihove međusobne interakcije i uslova spoljne sredine. Uticaj agroekoloških faktora na ove odnose potvrđuju i Tuncay et al. (2005) i Lushsinger and Camilo (2008), koji ukazuju na značajnu varijabilnost morfoloških i proizvodnih osobina u zavisnosti od uslova gajenja.

Ukupno posmatrano, korelaciona analiza potvrđuje da je proizvodni potencijal kukuruza šećerca rezultat složene interakcije vegetativnih i generativnih osobina, pri čemu optimalan odnos između ovih komponenti predstavlja ključ za postizanje visokog i stabilnog prinosa.

7.2.10. Zaključna razmatranja morfoloških osobina

Analiza morfoloških osobina kukuruza šećerca ukazuje na jasnu diferencijaciju između uticaja genotipa i uslova gajenja na ispitivane parametre.

Osobine kao što su ukupan broj listova i broj listova do prvog klipa pokazale su visoku stabilnost i dominantan uticaj genotipa, što ukazuje na njihovu fenološku uslovljenost i ograničenu osetljivost na promene u spoljnim uslovima. Nasuprot tome, visina biljke, visina do prvog klipa i parametri bočnog porasta pokazali su izraženu plastičnost i značajnu zavisnost od dostupnosti vode i klimatskih uslova tokom vegetacije.

Parametri bočnog porasta, naročito broj i razvijenost zaperaka, izdvojili su se kao najosetljiviji na promene u uslovima gajenja, što ukazuje na njihovu ulogu u adaptivnom odgovoru biljke na raspoložive resurse. Njihov uticaj na proizvodni potencijal zavisi od balansa između dodatne vegetativne mase i konkurencije za resurse sa glavnim stablom.

Proizvodna osobina – broj klipova po biljci – koja je u radu analizirana u okviru morfoloških parametara zbog svoje povezanosti sa vegetativnim razvojem, pokazala je snažnu zavisnost od interakcije genotipa i uslova gajenja, pri čemu optimalni uslovi

omogućavaju formiranje većeg broja klipova, dok u uslovima stresa dolazi do njihove redukcije i stabilizacije prinosa kroz razvoj jednog dominantnog klipa.

Rezultati korelacione analize potvrđuju da su morfološke osobine međusobno povezane i da zajedno određuju proizvodni potencijal biljke. Posebno je značajan balans između vegetativnog i generativnog razvoja, koji predstavlja ključni faktor za efikasno korišćenje resursa i ostvarivanje stabilnog prinosa.

Ukupno posmatrano, morfološke osobine kukuruza šećerca predstavljaju rezultat složene interakcije genotipa, vodnog režima i klimatskih uslova, pri čemu njihovo optimalno usklađivanje ima ključnu ulogu u formiranju prinosa i predstavlja osnovu za unapređenje proizvodne tehnologije.

7.3. Proizvodne osobine

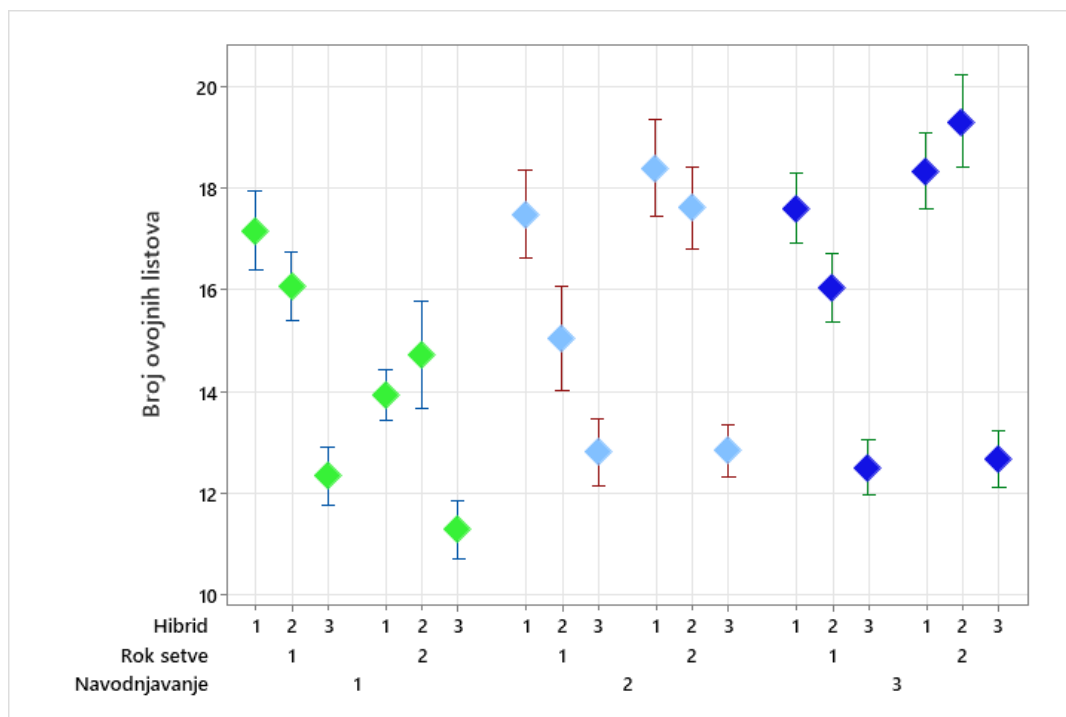
Proizvodne osobine kukuruza šećerca predstavljaju ključne pokazatelje efikasnosti primenjenih agrotehničkih mera i direktno određuju nivo i stabilnost prinosa u različitim režimima navodnjavanja i rokovima setve. Njihova analiza omogućava sagledavanje efekata genotipa i spoljne sredine na formiranje klipa, strukturu zrna i konačan prinos.

7.3.1. Formiranje i dimenzije klipa

Formiranje i dimenzije klipa predstavljaju osnovu za razvoj proizvodnih osobina kukuruza šećerca. Parametri kao što su broj ovojnih listova, dužina i prečnik klipa određuju fizičku veličinu i potencijal za dalji razvoj zrna, a njihova varijabilnost zavisi od genotipa i uslova gajenja.

7.3.1.1. Broj ovojnih listova

Broj ovojnih listova predstavlja važnu morfološko-proizvodnu osobinu kukuruza šećerca, jer utiče na zaštitu klipa od spoljašnjih uslova i ima značaj u očuvanju kvaliteta i pravilnom razvoju zrna.



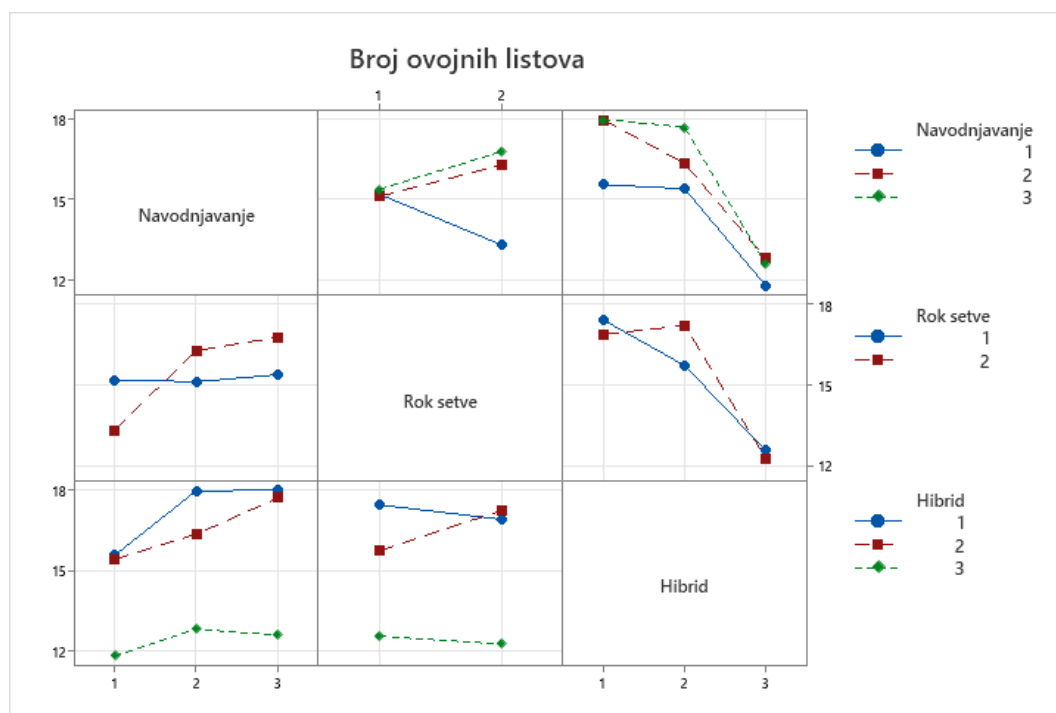
Grafikon 22. Intervalni Plot sa 95% intervalom poverenja za prosečnu vrednost za broj ovojnih listova pri različitim normama navodnjavanja u dva roka setve za ispitivane hibride kukuruza šećerca u periodu istraživanja (2021-2023). *Legenda:* Navodnjavanje: 1 - Kontrola (prirodni režim vlaženja); 2 - Redukovana norma – 50% od pune norme navodnjavanja; 3 - Puna norma navodnjavanja. Rok setve: 1 – Redovan rok (kraj aprila-početak maja); 2 – Postrni rok (početak jula). Hibrid: 1 – Enterprise F₁; 2 – Union F₁; 3 – Sweet Nugget F₁.

Rezultati istraživanja pokazuju da se broj ovojnih listova kretao od 11,28 do 19,33, pri čemu su hibridi Enterprise i Union formirali veći broj ovojnih listova u odnosu na hibrid Sweet Nugget (Grafikon 22; Prilog: Tabela 2). Najveći prosečan broj ovojnih listova zabeležen je pri punoj normi navodnjavanja u drugom roku setve kod hibrida Union (19,33) i Enterprise (18,40), dok je najmanji broj ovojnih listova utvrđen kod hibrida Sweet Nugget u

svim tretmanima, bez obzira na režim navodnjavanja i rok setve. Ovakav raspored vrednosti ukazuje na izraženu genetičku uslovljenost ove osobine.

Uočava se pozitivan trend povećanja broja ovojnih listova sa intenziviranjem navodnjavanja, naročito kod hibrida Enterprise i Union. U tretmanima sa redukovanom i punom normom navodnjavanja biljkama je omogućeno da potpunije ispolje svoj genetički potencijal, dok nedostatak vode redukuje broj ovojnih listova. Slične rezultate navodi Hussain (2022), koji ističe da se broj ovojnih listova klipa značajno razlikuje između hibrida, kao i da različiti datumi setve mogu imati značajan uticaj na ovu osobinu.

Analiza interakcijskih efekata (Grafikon 23) pokazuje da su faktori navodnjavanje i hibrid ispoljili statistički vrlo značajan uticaj na broj ovojnih listova, kao i sve njihove međusobne interakcije. Dominantan faktor je hibrid, jer bez obzira na obezbeđenost vodom ili rok setve, hibridi Enterprise i Union formiraju veći broj ovojnih listova. Kod hibrida Sweet Nugget uticaj navodnjavanja je znatno slabije izražen, što dodatno potvrđuje stabilnost ove osobine kod ovog genotipa. Kod hibrida Union uočeno je povećanje broja ovojnih listova u drugom roku setve, što može ukazivati na bolju prilagođenost toplijim uslovima kasnije setve.



Grafikon 23. Interakcijski Plot za broj ovojnih listova i uticaj posmatranih faktora za period istraživanja (2021-2023). *Legenda:* Navodnjavanje: 1 - Kontrola (prirodni režim vlaženja); 2 - Redukovana norma – 50% od pune norme navodnjavanja; 3 - Puna norma navodnjavanja. Rok setve: 1 – Redovan rok (kraj aprila-početak maja); 2 – Postrni rok (početak jula). Hibrid: 1 – Enterprise F₁; 2 – Union F₁; 3 – Sweet Nugget F₁.

Rezultati analize varijanse (Tabela 16) pokazuju da su navodnjavanje i hibrid imali statistički vrlo značajan uticaj na broj ovojnih listova ($p < 0,01$), dok rok setve kao pojedinačni faktor nije bio statistički značajan. Istovremeno, sve interakcije između faktora bile su statistički vrlo značajne. Razlike između tretmana potvrđene su LSD testom na nivou značajnosti $p < 0,05$ i $p < 0,01$.

Tabela 16. Analiza varijanse za ispitivane faktore i značajnost njihovog uticaja na broj ovojnih listova

Parametar		Broj ovojnih listova	
Faktor	Sig.	L.S.D. (p<0,05)	L.S.D. (p<0,01)
Navodnjavanje	**	0,40584	0,53446
Rok setve	nz	0,33137	0,43639
Hibrid	**	0,40584	0,53446
Navodnjavanje x Rok setve	**	0,57395	0,75585
Navodnjavanje x Hibrid	**	0,70294	0,92572
Rok setve x Hibrid	**	0,57395	0,75585
Navodnjavanje x Rok setve x Hibrid	**	0,99411	1,30917

Legenda: Sig. – značajnost; p<0,01 ** statistički vrlo značajno; p>0,05 ^{nz} nema statistički značajne razlike; L.S.D. – Test najmanje značajne razlike.

Dobijeni rezultati ukazuju da broj ovojnih listova predstavlja relativno stabilnu osobinu, ali da njena ekspresija ipak može biti modifikovana u zavisnosti od genotipa i dostupnosti vode. Dominantan uticaj hibrida potvrđuje da je ova osobina u velikoj meri genetički određena, što je u skladu sa rezultatima Hussain (2022).

Uloga ovojnih listova nije samo morfološka, već i funkcionalna, jer oni štite klip od visokih temperatura, isušivanja i mehaničkih oštećenja, a time indirektno doprinose stabilnijem razvoju zrna. Shengqun et al. (2023) utvrdili su značajnu pozitivnu linearnu korelaciju između mase suvog klipa i mase ovojnih listova, što ukazuje da bolje razvijeni ovojni listovi mogu biti povezani sa intenzivnijim razvojem klipa.

Pored toga, Đalović et al. (2021) navode da genotipovi sa većim brojem listova bolje reaguju na primenjene agrotehničke mere, što je u saglasnosti sa našim rezultatima i potvrđuje značaj genetičke varijabilnosti u reakciji biljaka na uslove gajenja. Sa druge strane, Datta et al. (2022) ukazuju da deficit vode smanjuje fotosintetsku površinu i negativno utiče na formiranje komponenti prinosa, što može posredno objasniti i smanjenje broja ovojnih listova u uslovima slabije obezbeđenosti vodom.

Ukupno posmatrano, broj ovojnih listova predstavlja osobinu koja je primarno određena genotipom, ali čija puna ekspresija zavisi od povoljnih uslova gajenja, naročito od adekvatne obezbeđenosti biljaka vodom.

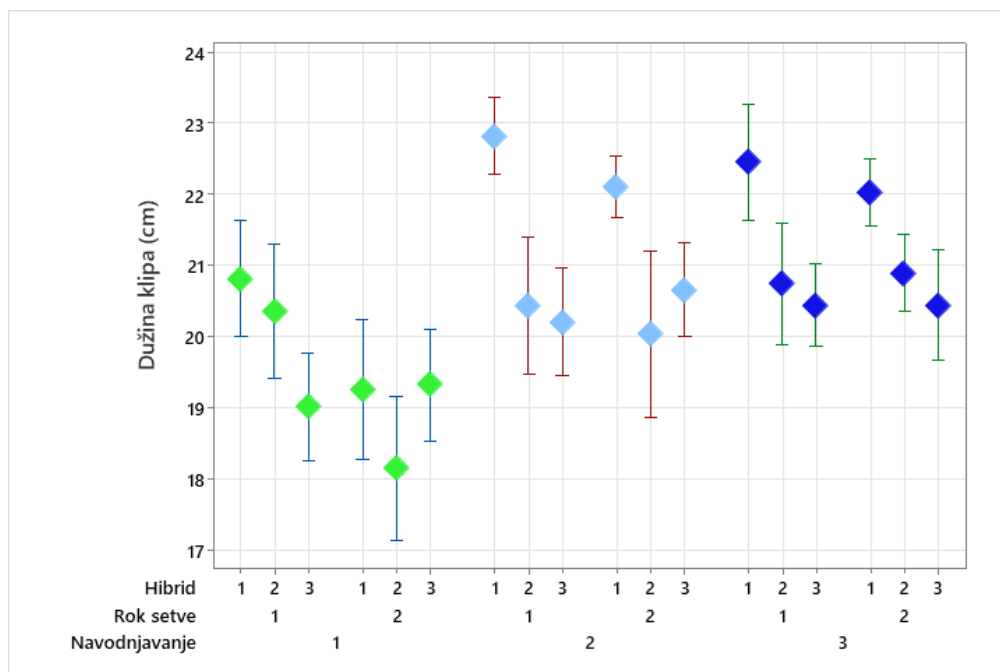
7.3.1.2. Dužina klipa

Dužina klipa predstavlja jednu od najvažnijih proizvodnih osobina kukuruza šećerca, jer direktno utiče na kapacitet formiranja zrna i ukupni prinos. Ova osobina je rezultat interakcije genotipa i uslova gajenja, pri čemu na njen razvoj značajno utiču raspoloživost vode i temperaturni uslovi tokom vegetacije.

Rezultati istraživanja pokazuju da se dužina klipa značajno razlikovala između ispitivanih hibrida, kao i pod uticajem navodnjavanja i roka setve (Grafikon 24; Prilog: Tabela 2). Najveće vrednosti dužine klipa zabeležene su kod hibrida Enterprise i Union (22,46 cm; 20,90 cm), dok je hibrid Sweet Nugget ostvario nešto niže vrednosti u svim kombinacijama tretmana.

Povećanje norme navodnjavanja dovelo je do značajnog porasta dužine klipa kod svih hibrida. U uslovima pune norme navodnjavanja ostvarene su najveće vrednosti, dok su u kontrolnom tretmanu zabeležene najmanje vrednosti. Ovakav trend ukazuje da adekvatna

obezbeđenost vodom omogućava intenzivniji rast klipa i bolje formiranje generativnih organa.

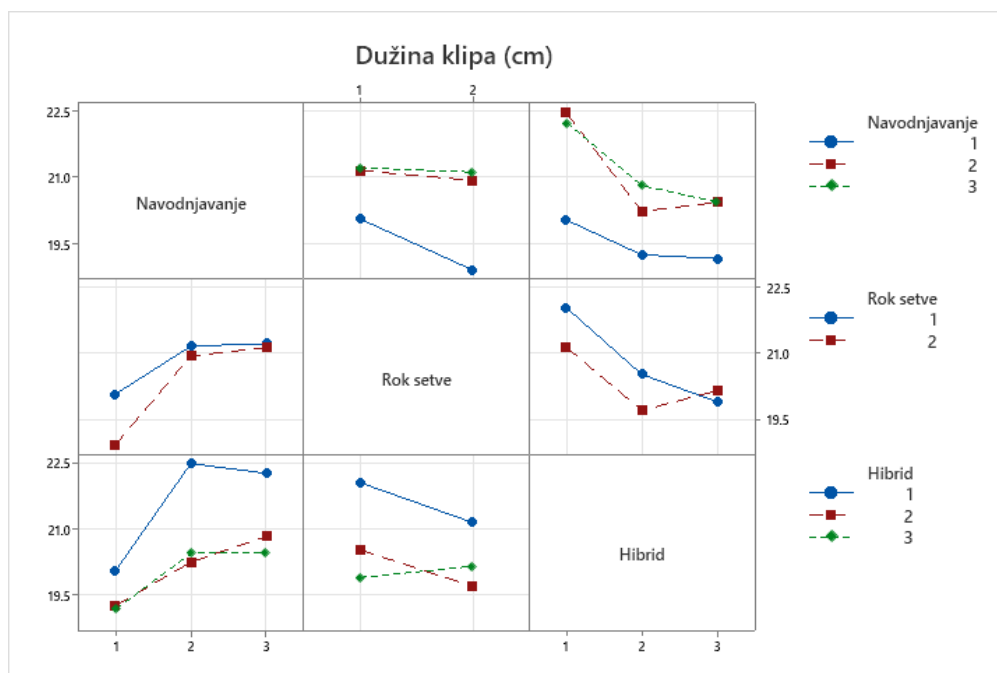


Grafikon 24. Intervalni Plot sa 95% intervalom poverenja za prosečnu vrednost za dužinu klipa (cm) pri različitim normama navodnjavanja u dva roka setve za ispitivane hibride kukuruza šećerca u periodu istraživanja (2021-2023). *Legenda:* Navodnjavanje: 1 - Kontrola (prirodni režim vlaženja); 2 - Redukovana norma – 50% od pune norme navodnjavanja; 3 - Puna norma navodnjavanja. Rok setve: 1 – Redovan rok (kraj aprila-početak maja); 2 – Postrni rok (početak jula). Hibrid: 1 – Enterprise F₁; 2 – Union F₁; 3 – Sweet Nugget F₁.

Uticaj roka setve takođe je bio izražen, pri čemu su u prvom roku setve ostvarene veće vrednosti dužine klipa u odnosu na drugi rok. Ovakav rezultat može se objasniti povoljnijim agroekološkim uslovima tokom ranijih faza razvoja biljke.

Analiza interakcijskih efekata (Grafikon 25) pokazuje da dužina klipa zavisi od složene interakcije hibrida, navodnjavanja i roka setve. Najveće vrednosti ostvarene su u kombinacijama pune norme navodnjavanja i prvog roka setve, posebno kod hibrida Enterprise i Union.

U uslovima smanjene dostupnosti vode i kasnijeg roka setve dolazi do skraćivanja klipa, što ukazuje na osetljivost ove osobine na stresne uslove. Slične rezultate navode brojna istraživanja, koja ukazuju da deficit vode i visoke temperature mogu ograničiti rast klipa i smanjiti njegovu dužinu.



Grafikon 25. Interakcijski Plot za dužinu klipa (cm) i uticaj posmatranih faktora za period istraživanja (2021-2023). *Legenda:* Navodnjavanje: 1 - Kontrola (prirodni režim vlaženja); 2 - Redukovana norma – 50% od pune norme navodnjavanja; 3 - Puna norma navodnjavanja. Rok setve: 1 – Redovan rok (kraj aprila-početak maja); 2 – Postrni rok (početak jula). Hibrid: 1 – Enterprise F₁; 2 – Union F₁; 3 – Sweet Nugget F₁.

Rezultati analize varijanse pokazuju da su svi ispitivani faktori – hibrid, navodnjavanje i rok setve – imali statistički vrlo značajan uticaj na dužinu klipa ($p < 0,01$), kao i njihove međusobne interakcije (Tabela 17). Razlike između tretmana potvrđene su LSD testom na nivou značajnosti $p < 0,05$ i $p < 0,01$.

Tabela 17. Analiza varijanse za ispitivane faktore i značajnost njihovog uticaja na dužinu klipa

Parametar		Dužina klipa	
Faktor	Sig.	L.S.D.	L.S.D.
		($p < 0,05$)	($p < 0,01$)
Navodnjavanje	**	0,43205	0,56898
Rok setve	**	0,35277	0,46457
Hibrid	**	0,43205	0,56898
Navodnjavanje x Rok setve	*	0,61101	0,80466
Navodnjavanje x Hibrid	nz	0,74834	0,98550
Rok setve x Hibrid	*	0,61101	0,80466
Navodnjavanje x Rok setve x Hibrid	nz	1,05831	1,39371

Legenda: Sig. – značajnost; $p < 0,01$ ** statistički vrlo značajno; $p < 0,05$ * statistički značajno; $p > 0,05$ nz nema statistički značajne razlike; L.S.D. – Test najmanje značajne razlike.

Dobijeni rezultati potvrđuju da dužina klipa predstavlja izrazito plastičnu osobinu, koja u velikoj meri zavisi od dostupnosti resursa i uslova gajenja.

Povećanje dužine klipa u uslovima navodnjavanja može se objasniti boljom obezbeđenošću biljaka vodom, što omogućava intenzivniji rast i razvoj generativnih organa. Slične rezultate navodi Hussain (2022), koji ističe da optimalni uslovi gajenja, naročito adekvatna vlažnost zemljišta, značajno utiču na povećanje dužine klipa.

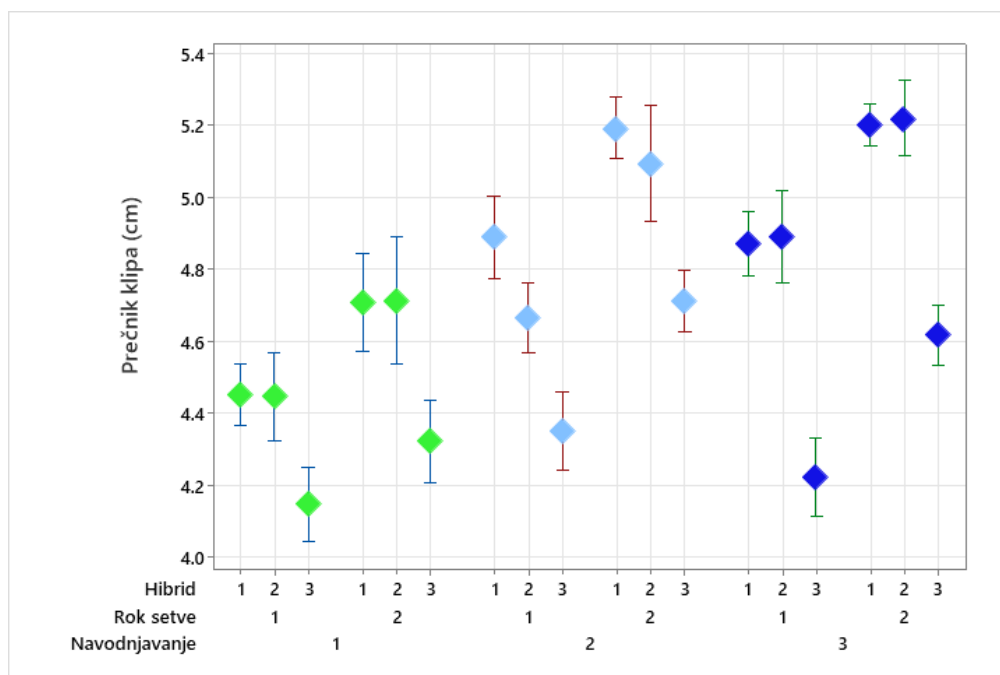
Uticaj roka setve na ovu osobinu povezan je sa klimatskim uslovima tokom vegetacije. Raniji rok setve omogućava duži period razvoja biljke u povoljnijim temperaturnim i vlažnim uslovima, što rezultira većom dužinom klipa. Nasuprot tome, kasniji rok setve često je praćen višim temperaturama i potencijalnim deficitom vode, što može ograničiti rast klipa.

Genetičke razlike između hibrida dodatno utiču na izraženost ove osobine. Hibridi sa većim vegetativnim potencijalom i boljom sposobnošću korišćenja resursa formiraju duže klipove, što se u ovom istraživanju jasno uočava kod hibrida Enterprise i Union.

Dužina klipa ima direktan značaj za formiranje prinosa, jer određuje prostor za razvoj zrna. U tom kontekstu, ona predstavlja jednu od ključnih komponenti prinosa, čija optimalna vrednost zavisi od usklađenosti genotipa i uslova gajenja.

7.3.1.3. Prečnik klipa

Prečnik klipa predstavlja važnu proizvodnu osobinu kukuruza šećerca koja, zajedno sa dužinom klipa, određuje ukupnu veličinu klipa i njegov potencijal za formiranje zrna. Kao komponenta prinosa, ova osobina direktno utiče na popunjenost klipa i ukupnu masu zrna, zbog čega ima značajnu ulogu u proceni proizvodnog potencijala hibrida.

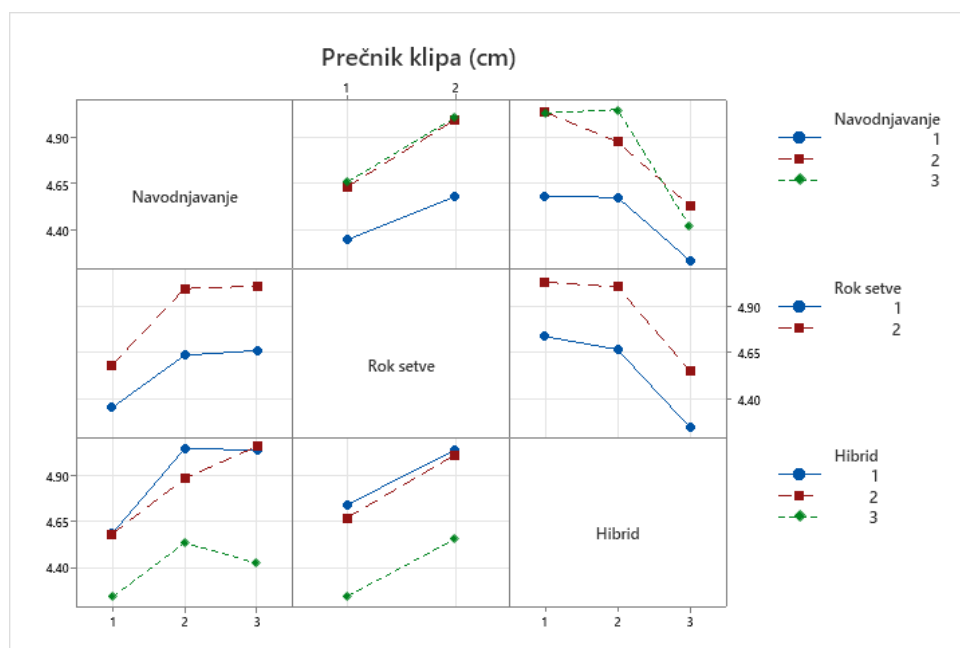


Grafikon 26. Intervalni Plot sa 95% intervalom poverenja za prosečnu vrednost za prečnik klipa (cm) pri različitim normama navodnjavanja u dva roka setve za ispitivane hibride kukuruza šećerca u periodu istraživanja (2021-2023). *Legenda:* Navodnjavanje: 1 - Kontrola (prirodni režim vlaženja); 2 - Redukovana norma – 50% od pune norme navodnjavanja; 3 - Puna norma navodnjavanja. Rok setve: 1 – Redovan rok (kraj aprila-početak maja); 2 – Postrni rok (početak jula). Hibrid: 1 – Enterprise F₁; 2 – Union F₁; 3 – Sweet Nugget F₁.

Rezultati istraživanja pokazuju da se prečnik klipa kretao od 4,15 do 5,22 cm, pri čemu su najveće vrednosti zabeležene kod hibrida Union u uslovima pune norme navodnjavanja u drugom roku setve (5,22 cm), kao i kod hibrida Enterprise u istoj kombinaciji faktora (5,20 cm). Najmanje vrednosti izmerene su kod hibrida Sweet Nugget u kontrolnom tretmanu u prvom roku setve (4,15 cm), (Grafikon 26; Prilog: Tabela 2). Ovakav raspored vrednosti ukazuje na izražen uticaj genotipa, ali i na značaj režima navodnjavanja u ispoljavanju ove osobine.

Povećanje norme navodnjavanja dovelo je do jasnog porasta prečnika klipa kod svih hibrida. Na primer, kod hibrida Enterprise u drugom roku setve prečnik klipa se povećavao sa 4,71 cm u kontrolnom tretmanu na 5,20 cm pri punoj normi navodnjavanja. Ovakav trend potvrđuje pozitivnu povezanost između obezbeđenosti vodom i razvoja klipa, pri čemu navodnjavanje omogućava bolje naliivanje i veću fizičku razvijenost klipa.

Uticaj roka setve bio je prisutan, ali manje izražen u odnosu na uticaj navodnjavanja i hibrida. U našem istraživanju najveće vrednosti prečnika klipa ostvarene su u drugom roku setve, u kombinaciji sa intenzivnijim navodnjavanjem, što ukazuje da topliji uslovi tokom ranog razvoja, uz dovoljnu obezbeđenost vodom, mogu pogodovati ovoj osobini. Ovakav rezultat je u suprotnosti sa nalazima Khan et al. (2019), koji navode da je kukuruz šećerac ostvario maksimalan prečnik klipa u ranijim rokovima setve tokom obe ispitivane godine.



Grafikon 27. Interakcijski Plot za prečnik klipa (cm) i uticaj posmatranih faktora za period istraživanja (2021-2023). *Legenda:* Navodnjavanje: 1 - Kontrola (prirodni režim vlaženja); 2 - Redukovana norma – 50% od pune norme navodnjavanja; 3 - Puna norma navodnjavanja. Rok setve: 1 – Redovan rok (kraj aprila-početak maja); 2 – Postrni rok (početak jula). Hibrid: 1 – Enterprise F₁; 2 – Union F₁; 3 – Sweet Nugget F₁.

Analiza interakcijskih efekata (Grafikon 27) pokazuje da prečnik klipa zavisi od kombinovanog delovanja hibrida, navodnjavanja i roka setve. Hibridi Enterprise i Union formirali su klipove sa većim prečnikom u poređenju sa hibridom Sweet Nugget, koji je u svim uslovima imao najmanje vrednosti, najčešće ispod 4,50 cm.

Slične rezultate navode Lushinger and Camilo (2008) i Kara et al. (2011), koji ističu da prečnik klipa značajno varira u zavisnosti od vremena setve i izbora hibrida. Rezultati ANOVA analize u istraživanju Kharazmshahi et al. (2015) takođe su pokazali značajne razlike između datuma setve i hibrida kukuruza šećerca u pogledu prečnika klipa, što je u skladu sa našim rezultatima. Za prečnik klipa, datum setve i hibrid bili su značajni na nivou od 0,01, a interakcija datum setve i hibrida bila je značajna na nivou od 0,05, što potvrđuju i Kiliñç et al. (2023).

Rezultati analize varijanse pokazuju da su navodnjavanje, rok setve i hibrid imali statistički vrlo značajan uticaj na prečnik klipa ($p < 0,01$). Interakcija navodnjavanja i hibrida takođe je bila statistički vrlo značajna, dok ostale interakcije nisu pokazale značajan efekat

(Tabela 18). Razlike između tretmana potvrđene su LSD testom na nivou značajnosti $p < 0,05$ i $p < 0,01$.

Tabela 18. Analiza varijanse za ispitivane faktore i značajnost njihovog uticaja na dužinu klipa

Parametar		Prečnik klipa	
Faktor	Sig.	L.S.D. ($p < 0,05$)	L.S.D. ($p < 0,01$)
Navodnjavanje	**	0,06107	0,08043
Rok setve	**	0,04986	0,06567
Hibrid	**	0,06107	0,08043
Navodnjavanje x Rok setve	nz	0,08637	0,11374
Navodnjavanje x Hibrid	**	0,10578	0,13931
Rok setve x Hibrid	nz	0,08637	0,11374
Navodnjavanje x Rok setve x Hibrid	nz	0,14960	0,19702

Legenda: Sig. – značajnost; $p < 0,01$ **statistički vrlo značajno; $p > 0,05$ ^{nz} nema statistički značajne razlike; L.S.D. – Test najmanje značajne razlike.

Dobijeni rezultati potvrđuju da je prečnik klipa osobina koja u velikoj meri zavisi od genetičkog potencijala hibrida, ali da se njena puna ekspresija ostvaruje tek u povoljnim uslovima gajenja, naročito pri adekvatnoj obezbeđenosti vodom.

Povećanje prečnika klipa sa povećanjem norme navodnjavanja ukazuje da raspoloživost vode ima ključnu ulogu u formiranju krupnijih klipova i boljem nalivanju zrna. U tom smislu, naši rezultati potvrđuju da je prečnik klipa genetička osobina, ali pod jakim uticajem primenjenih agrotehničkih mera. Sličan zaključak iznose i Muslimah et al. (2023), koji navode da se razlike u prečniku klipa mogu dovesti u vezu sa genetičkim karakteristikama hibrida.

Prečnik klipa je od posebnog značaja jer je pozitivno povezan sa masom zrna i randmanom. Veće vrednosti prečnika klipa u našem istraživanju bile su prisutne kod hibrida Enterprise i Union, koji su istovremeno ostvarili i bolje rezultate u pogledu mase zrna i ukupne mase klipa. Ovakvi nalazi potvrđuju da je prečnik klipa jedna od važnijih proizvodnih osobina, što ističu i Tabaković et al. (2022).

Sa druge strane, pojedina istraživanja pokazuju nešto drugačije rezultate. Greveniotis et al. (2019) navode da je hibrid značajno uticao na prečnik koćanke, dok na prečnik klipa nije pokazao statističku značajnost. Takođe, Brooking (1990) ukazuje da prečnik klipa i koćanke više zavise od genetičkih i klimatskih faktora nego od agrotehničkih mera, posebno u uslovima gde su resursi relativno dostupni. U našem istraživanju, međutim, navodnjavanje se izdvojilo kao jedan od ključnih faktora, što ukazuje da u uslovima izraženog vodnog deficita primenjene agrotehničke mere ipak imaju snažan efekat na ovu osobinu.

Ukupno posmatrano, prečnik klipa predstavlja važan pokazatelj uspešnosti proizvodnje, jer integriše delovanje genotipa i uslova gajenja i direktno utiče na formiranje mase klipa i randman zrna.

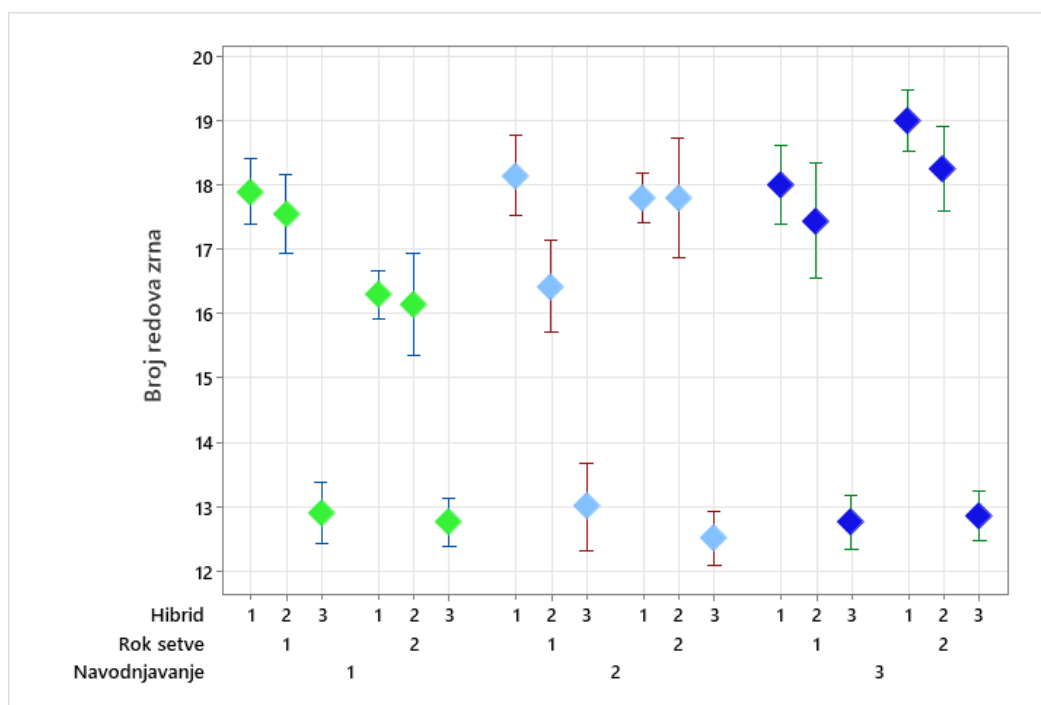
7.3.2. Struktura klipa i zrna

Struktura klipa i zrna predstavlja ključnu komponentu prinosa, jer određuje raspored i veličinu zrna na klipu. Broj redova zrna i dubina zrna direktno utiču na kapacitet nalivanja i ukupnu masu zrna, pri čemu su ove osobine u velikoj meri genetički uslovljene, ali i pod uticajem spoljne sredine.

7.3.2.1. Broj redova zrna

Broj redova zrna predstavlja važnu proizvodnu osobinu kukuruza šećerca koja određuje raspored zrna na klipu i ima značajan uticaj na formiranje prinosa. Ova osobina je u velikoj meri genetički uslovljena, dok je njen odgovor na spoljne uslove relativno ograničen.

Rezultati istraživanja pokazuju da se broj redova zrna kretao u relativno uskom intervalu, uz jasno izražene razlike između ispitivanih hibrida (Grafikon 28; Prilog: Tabela 2). Hibridi Enterprise i Union ostvarili su veći broj redova zrna u odnosu na hibrid Sweet Nugget, što ukazuje na dominantan uticaj genotipa na formiranje ove osobine.

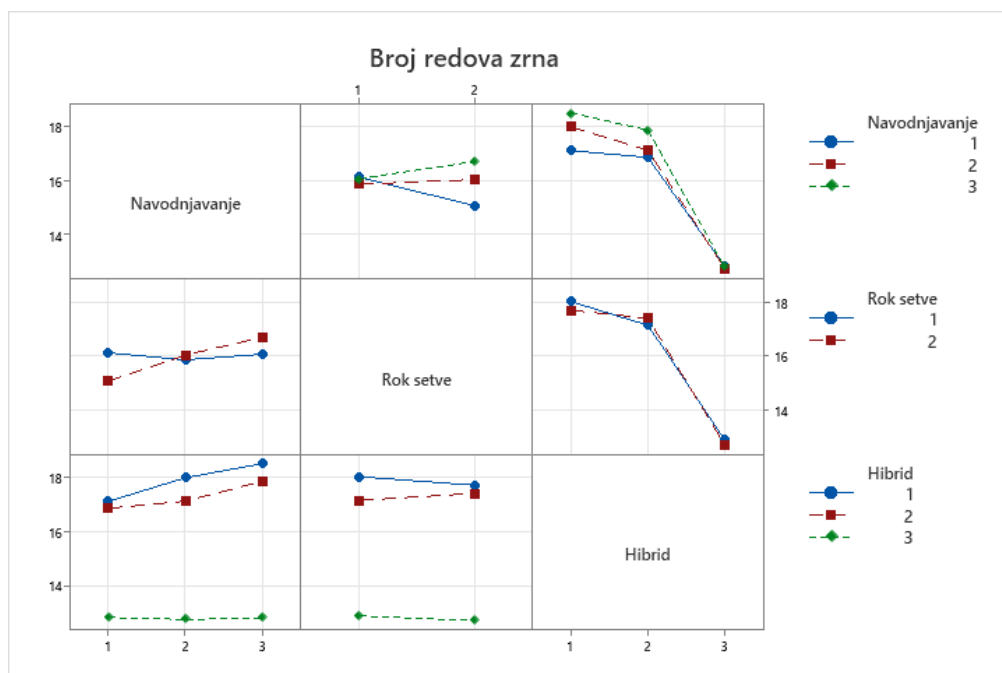


Grafikon 28. Intervalni Plot sa 95% intervalom poverenja za prosečnu vrednost za broj redova zrna pri različitim normama navodnjavanja u dva roka setve za ispitivane hibride kukuruza šećerca u periodu istraživanja (2021-2023). *Legenda:* Navodnjavanje: 1 - Kontrola (prirodni režim vlaženja); 2 - Redukovana norma – 50% od pune norme navodnjavanja; 3 - Puna norma navodnjavanja. Rok setve: 1 – Redovan rok (kraj aprila-početak maja); 2 – Postrni rok (početak jula). Hibrid: 1 – Enterprise F₁; 2 – Union F₁; 3 – Sweet Nugget F₁.

Uticaj navodnjavanja na broj redova zrna bio je slabije izražen u poređenju sa drugim proizvodnim osobinama. Uočene su manje varijacije između tretmana, bez jasnog trenda povećanja ili smanjenja u zavisnosti od norme navodnjavanja. Slično tome, rok setve nije imao izražen uticaj, što potvrđuje stabilnost ove osobine u različitim agroekološkim uslovima.

Analiza interakcijskih efekata (Grafikon 29) pokazuje da broj redova zrna ne varira značajno u zavisnosti od kombinacije ispitivanih faktora. Razlike između hibrida ostaju izražene i stabilne u svim tretmanima, što dodatno potvrđuje dominantan genetički karakter ove osobine.

Slične rezultate navode Moteva et al. (2016) i Mottaghi et al. (2025), koji ističu da broj redova zrna pokazuje značajne razlike između hibrida, dok uticaj agrotehničkih mera i spoljne sredine ima znatno manji značaj.



Grafikon 29. Interakcijski Plot za broj redova zrna i uticaj posmatranih faktora za period istraživanja (2021-2023). *Legenda:* Navodnjavanje: 1 - Kontrola (prirodni režim vlaženja); 2 - Redukovana norma – 50% od pune norme navodnjavanja; 3 - Puna norma navodnjavanja. Rok setve: 1 – Redovan rok (kraj aprila-početak maja); 2 – Postrni rok (početak jula). Hibrid: 1 – Enterprise F₁; 2 – Union F₁; 3 – Sweet Nugget F₁.

Rezultati analize varijanse pokazuju da je hibrid imao statistički vrlo značajan uticaj na broj redova zrna ($p < 0,01$), dok uticaj navodnjavanja i roka setve nije bio statistički značajan ili je bio slabijeg intenziteta. Interakcije između faktora nisu pokazale značajan efekat ili su bile slabije izražene (Tabela 19). Razlike između tretmana potvrđene su LSD testom na nivou značajnosti $p < 0,05$ i $p < 0,01$.

Dobijeni rezultati potvrđuju da broj redova zrna predstavlja stabilnu proizvodnu osobinu koja je primarno određena genotipom, dok je uticaj spoljne sredine ograničen.

Tabela 19. Analiza varijanse za ispitivane faktore i značajnost njihovog uticaja na broj redova zrna

Parametar		Broj redova zrna	
Faktor	Sig.	L.S.D.	L.S.D.
		($p < 0,05$)	($p < 0,01$)
Navodnjavanje	**	0,32598	0,42929
Rok setve	nz	0,26616	0,35051
Hibrid	**	0,32598	0,42929
Navodnjavanje x Rok setve	**	0,46101	0,60711
Navodnjavanje x Hibrid	**	0,56462	0,74356
Rok setve x Hibrid	nz	0,46101	0,60711
Navodnjavanje x Rok setve x Hibrid	**	0,79849	1,05155

Legenda: Sig. – značajnost; $p < 0,01$ **statistički vrlo značajno; $p > 0,05$ nz nema statistički značajne razlike; L.S.D. – Test najmanje značajne razlike.

Slične nalaze iznose Moteva et al. (2016) i Mottaghi et al. (2025), koji navode da broj redova zrna pokazuje izražene razlike između hibrida, dok uticaj spoljne sredine i agrotehničkih mera nije značajan.

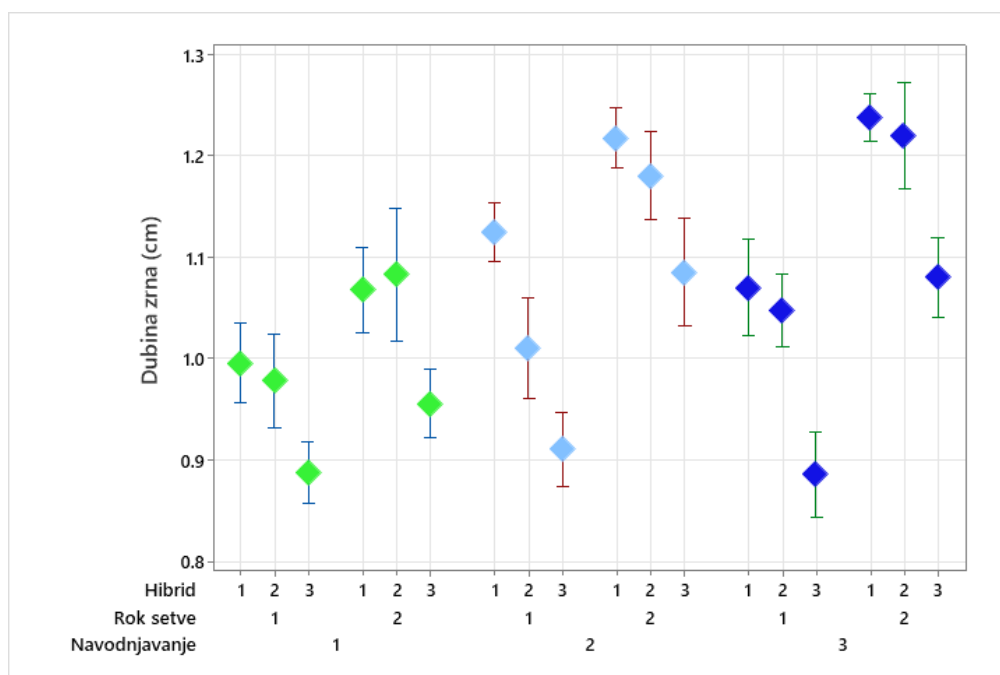
Stabilnost ove osobine može se objasniti činjenicom da se broj redova zrna formira u ranim fazama razvoja klipa, kada genetički faktori imaju dominantnu ulogu, dok je uticaj spoljne sredine ograničen. U kasnijim fazama razvoja biljke, uticaj spoljne sredine više se ispoljava kroz osobine kao što su dubina zrna i masa zrna.

Iako broj redova zrna određuje osnovni potencijal prinosa, njegov efekat zavisi od drugih komponenti, pre svega dubine zrna i mase zrna. Veći broj redova zrna ne mora nužno rezultirati većim prinosom ukoliko nije praćen adekvatnim razvojem i nalivanjem zrna.

Ukupno posmatrano, broj redova zrna predstavlja osnovni strukturni parametar klipa, koji definiše raspored zrna, dok se konačan prinos formira kroz interakciju ove osobine sa drugim komponentama prinosa i uslovima gajenja.

7.3.2.2. Dubina zrna

Dubina zrna predstavlja važnu proizvodnu osobinu kukuruza šećerca koja direktno utiče na masu zrna i ukupni prinos. Kao komponenta strukture klipa, ova osobina određuje stepen popunjenosti zrna i efikasnost nalivanja, pri čemu je njen intenzitet u velikoj meri uslovljen raspoloživošću resursa tokom vegetacije.



Grafikon 30. Intervalni Plot sa 95% intervalom poverenja za prosečnu vrednost za dubinu zrna (cm) pri različitim normama navodnjavanja u dva roka setve za ispitivane hibride kukuruza šećerca u periodu istraživanja (2021-2023). *Legenda:* Navodnjavanje: 1 - Kontrola (prirodni režim vlaženja); 2 - Redukovana norma – 50% od pune norme navodnjavanja; 3 - Puna norma navodnjavanja. Rok setve: 1 – Redovan rok (kraj aprila-početak maja); 2 – Postrni rok (početak jula). Hibrid: 1 – Enterprise F₁; 2 – Union F₁; 3 – Sweet Nugget F₁.

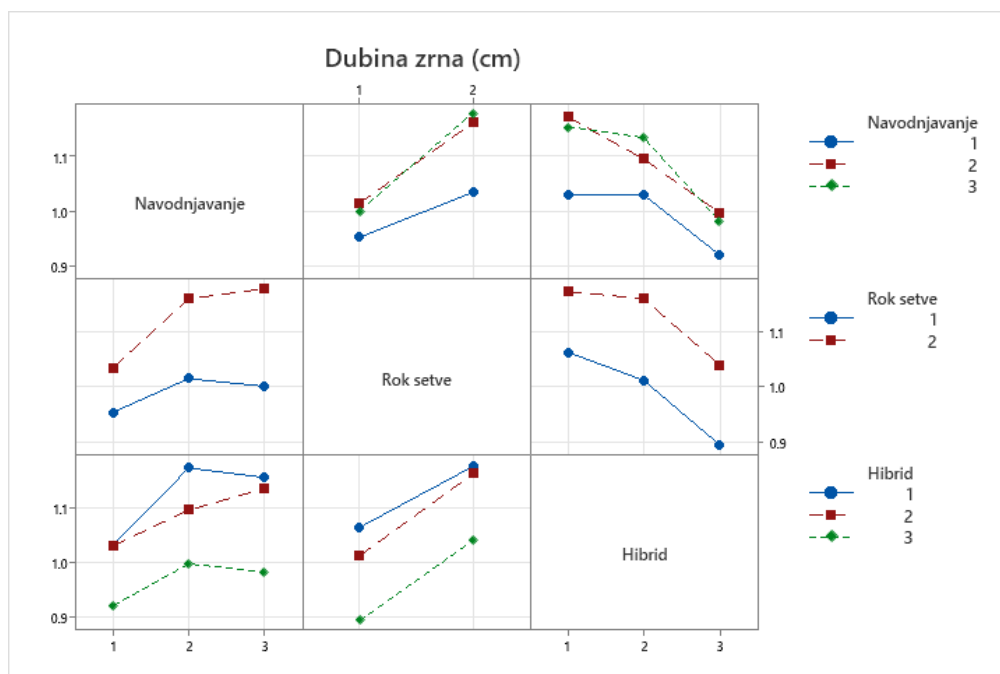
Rezultati istraživanja pokazuju da se dubina zrna kretala u intervalu od 0,89 do 1,24 mm (Grafikon 30; Prilog: Tabela 2), pri čemu su najveće vrednosti zabeležene kod hibrida Enterprise i Union, dok je hibrid Sweet Nugget imao najmanje vrednosti u većini tretmana. Ovakav raspored ukazuje na značajan uticaj genotipa, ali i na izražen uticaj uslova gajenja.

Uticaj navodnjavanja bio je jasno izražen, pri čemu je povećanje norme navodnjavanja dovelo do povećanja dubine zrna kod svih hibrida. U uslovima pune norme navodnjavanja ostvarene su najveće vrednosti, dok su u kontrolnim tretmanima zabeležene najmanje vrednosti. Ovakav trend ukazuje da adekvatna obezbeđenost vodom omogućava intenzivnije nalivanje zrna i formiranje krupnijih zrna.

Rok setve takođe je imao uticaj na ovu osobinu. U ranijem roku setve zabeležene su veće vrednosti dubine zrna, što se može objasniti povoljnijim uslovima tokom perioda nalivanja zrna. U kasnijem roku setve, visoke temperature i potencijalni deficit vode mogu ograničiti proces nalivanja i dovesti do smanjenja dubine zrna.

Analiza interakcijskih efekata (Grafikon 31) pokazuje da dubina zrna zavisi od kombinovanog delovanja hibrida, navodnjavanja i roka setve. Najveće vrednosti ostvarene su u uslovima pune norme navodnjavanja u prvom roku setve, dok su najmanje vrednosti zabeležene u uslovima bez navodnjavanja, naročito u kasnijem roku setve.

Ovakav rezultat ukazuje na visoku osetljivost ove osobine na vodni režim i klimatske uslove tokom vegetacije, što potvrđuje njen značaj kao jedne od ključnih komponenti prinosa.



Grafikon 31. Interakcijski Plot za dubinu zrna (cm) i uticaj posmatranih faktora za period istraživanja (2021-2023). *Legenda:* Navodnjavanje: 1 - Kontrola (prirodni režim vlaženja); 2 - Redukovana norma – 50% od pune norme navodnjavanja; 3 - Puna norma navodnjavanja. Rok setve: 1 – Redovan rok (kraj aprila-početak maja); 2 – Postrni rok (početak jula). Hibrid: 1 – Enterprise F₁; 2 – Union F₁; 3 – Sweet Nugget F₁.

Rezultati analize varijanse pokazuju da su hibrid, navodnjavanje i rok setve imali statistički vrlo značajan uticaj na dubinu zrna ($p < 0,01$), kao i njihove međusobne interakcije (Tabela 20). Razlike između tretmana potvrđene su LSD testom na nivou značajnosti $p < 0,05$ i $p < 0,01$.

Tabela 20. Analiza varijanse za ispitivane faktore i značajnost njihovog uticaja na dubinu zrna

Parametar		Dubina zrna	
Faktor	Sig.	L.S.D. (p<0,05)	L.S.D. (p<0,01)
Navodnjavanje	**	0,22890	0,03014
Rok setve	**	0,01868	0,02461
Hibrid	**	0,02289	0,03014
Navodnjavanje x Rok setve	**	0,03237	0,04263
Navodnjavanje x Hibrid	*	0,03964	0,05221
Rok setve x Hibrid	nz	0,03237	0,04266
Navodnjavanje x Rok setve x Hibrid	nz	0,05606	0,07383

Legenda: Sig. – značajnost; p<0,01 ** statistički vrlo značajno; p<0,05 * statistički značajno; p>0,05 ^{nz} nema statistički značajne razlike; L.S.D. – Test najmanje značajne razlike.

Dobijeni rezultati potvrđuju da dubina zrna predstavlja izrazito plastičnu osobinu, koja u velikoj meri zavisi od uslova gajenja, naročito od raspoloživosti vode i klimatskih faktora tokom perioda nalivanja zrna.

Uticaj vodnog režima na ovu osobinu potvrđuju Hussain (2022), koji navodi da adekvatna obezbeđenost vodom pozitivno utiče na razvoj i popunjenost zrna, dok deficit vode dovodi do smanjenja njegove veličine i mase.

Značaj temperaturnih i stresnih uslova ističu Soare et al. (2019) i Rajičić et al. (2025), koji navode da visoke temperature i suša tokom nalivanja zrna negativno utiču na njegov razvoj, što je u skladu sa rezultatima ovog istraživanja.

Dubina zrna je u direktnoj vezi sa komponentama prinosa, jer veće vrednosti ove osobine omogućavaju veću akumulaciju suve materije u zrnu. Slične rezultate navodi Mottaghi et al. (2025), koji ističe da veličina i popunjenost zrna imaju ključnu ulogu u formiranju prinosa.

Za razliku od broja redova zrna, koji je stabilna i genetički određena osobina, dubina zrna pokazuje znatno veću osetljivost na spoljne uslove, što potvrđuje njen značaj kao indikatora uspešnosti primenjenih agrotehničkih mera.

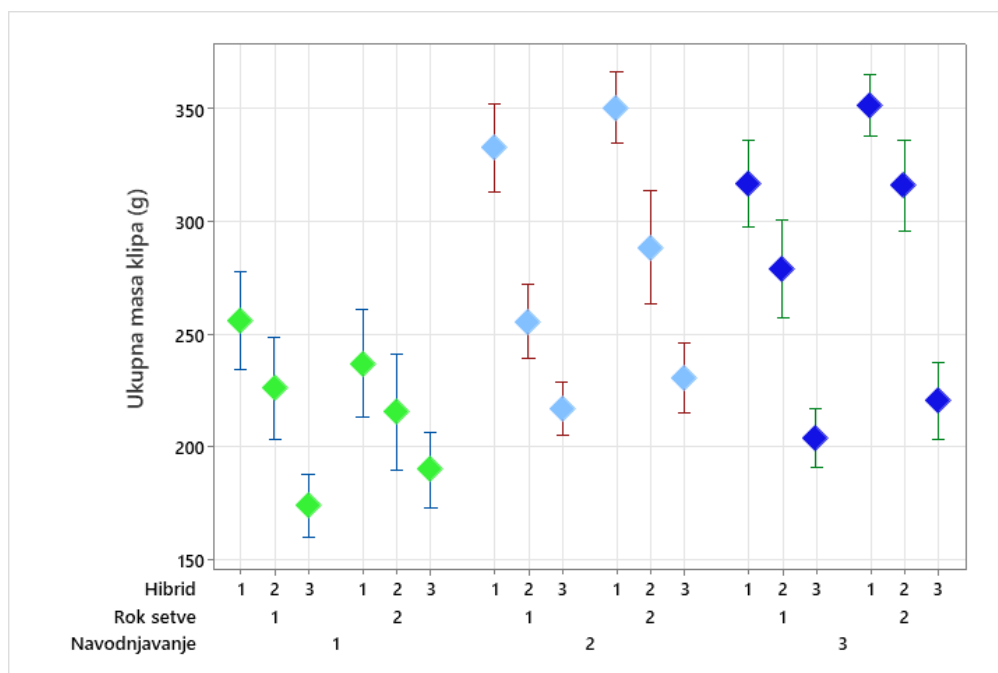
Ukupno posmatrano, dubina zrna predstavlja jednu od najvažnijih komponenti prinosa kukuruza šećerca, jer integriše uticaj genotipa i uslova gajenja i direktno utiče na formiranje mase zrna.

7.3.3. Masa i komponente prinosa

Masa i komponente prinosa predstavljaju završnu fazu formiranja produktivnosti kukuruza šećerca. Ove osobine integrišu efekte svih prethodnih morfoloških i proizvodnih parametara i direktno određuju nivo prinosa i njegov kvalitet.

7.3.3.1. Ukupna masa klipa

Ukupna masa klipa predstavlja jednu od najvažnijih proizvodnih osobina kukuruza šećerca, jer integriše uticaj svih prethodnih morfoloških i strukturnih parametara i direktno određuje potencijal prinosa. Ova osobina obuhvata efekat veličine klipa, rasporeda zrna i njihove popunjenosti, zbog čega predstavlja ključni indikator uspešnosti proizvodnje.



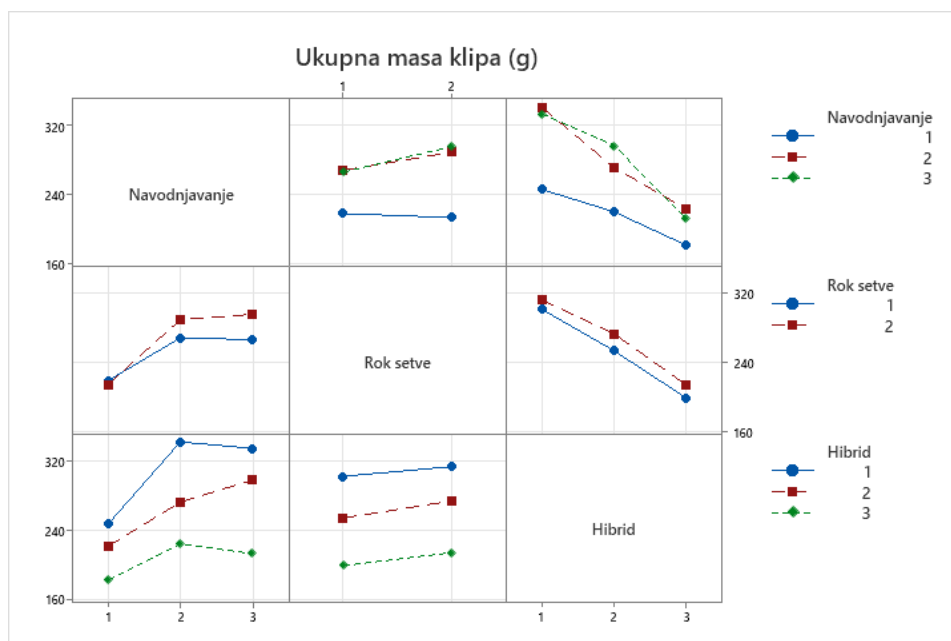
Grafikon 32. Intervalni Plot sa 95% intervalom poverenja za prosečnu vrednost za ukupnu masu klipa (g) pri različitim normama navodnjavanja u dva roka setve za ispitivane hibride kukuruza šećerca u periodu istraživanja (2021-2023). *Legenda:* Navodnjavanje: 1 - Kontrola (prirodni režim vlaženja); 2 - Redukovana norma – 50% od pune norme navodnjavanja; 3 - Puna norma navodnjavanja. Rok setve: 1 – Redovan rok (kraj aprila-početak maja); 2 – Postrni rok (početak jula). Hibrid: 1 – Enterprise F₁; 2 – Union F₁; 3 – Sweet Nugget F₁.

Rezultati istraživanja pokazuju da se ukupna masa klipa kretala od 174,08 do 351,95 g (Grafikon 32; Prilog: Tabela 2), pri čemu su najveće vrednosti zabeležene kod hibrida Enterprise i Union, dok je hibrid Sweet Nugget ostvario niže vrednosti u većini tretmana.

Povećanje norme navodnjavanja dovelo je do značajnog porasta ukupne mase klipa kod svih hibrida. Na primer, kod hibrida Union masa klipa povećana je za 110 % pri punoj normi navodnjavanja u odnosu na masu klipa ostvarenu u kontrolnom tretmanu. Ovakav trend jasno ukazuje na značaj dostupnosti vode za formiranje mase klipa.

Uticaj roka setve bio je izražen, pri čemu su u prvom roku setve ostvarene veće vrednosti mase klipa u odnosu na drugi rok. Ovakav rezultat može se objasniti povoljnijim uslovima tokom vegetacije i dužim periodom nalivanja zrna.

Rezultati ukazuju da ukupna masa klipa ne zavisi od pojedinačnih faktora, već od njihove međusobne interakcije, pri čemu kombinacija hibrida, režima navodnjavanja i roka setve određuje konačnu vrednost ove osobine.



Grafikon 33. Interakcijski Plot za ukupnu masu klipa (g) i uticaj posmatranih faktora za period istraživanja (2021-2023). *Legenda:* Navodnjavanje: 1 - Kontrola (prirodni režim vlaženja); 2 - Redukovana norma – 50% od pune norme navodnjavanja; 3 - Puna norma navodnjavanja. Rok setve: 1 – Redovan rok (kraj aprila-početak maja); 2 – Postrni rok (početak jula). Hibrid: 1 – Enterprise F1; 2 – Union F1; 3 – Sweet Nugget F1.

U svim ispitivanim varijantama uočava se da povećanje norme navodnjavanja dovodi do porasta mase klipa, ali intenzitet tog povećanja zavisi od genotipa. Hibridi Enterprise i Union pokazuju izraženiju reakciju na poboljšane uslove vlaženja, dok je kod hibrida Sweet Nugget ovaj efekat slabije izražen. Ovo ukazuje da genotip određuje stepen iskorišćenja raspoloživih resursa.

Uticaj roka setve dodatno modifikuje ovaj odnos. U prvom roku setve, kada su uslovi tokom vegetacije povoljniji, efekat navodnjavanja na povećanje mase klipa je izraženiji, dok u drugom roku setve dolazi do smanjenja razlika između tretmana, naročito u uslovima bez navodnjavanja. Ovakav rezultat ukazuje da kasniji rok setve, u kombinaciji sa nepovoljnim klimatskim uslovima, ograničava potencijal biljke za formiranje mase klipa.

Najveće vrednosti ukupne mase klipa ostvarene su u kombinaciji pune norme navodnjavanja i prvog roka setve, kod hibrida Enterprise i Union, dok su najmanje vrednosti zabeležene u uslovima bez navodnjavanja u drugom roku setve, posebno kod hibrida Sweet Nugget. Ovakav raspored potvrđuje da je za maksimalnu ekspresiju ove osobine neophodno obezbediti optimalne uslove gajenja, kao i adekvatan izbor hibrida.

Ukupno posmatrano, interakcija ispitivanih faktora jasno pokazuje da masa klipa predstavlja osobinu visoke plastičnosti, čija se konačna vrednost formira kao rezultat kompleksnog delovanja genetičkih i agroekoloških faktora.

Rezultati analize varijanse (Tabela 21) pokazuju da su hibrid, navodnjavanje i rok setve imali statistički vrlo značajan uticaj na ukupnu masu klipa ($p < 0,01$), kao i njihove međusobne interakcije. Razlike između tretmana potvrđene su LSD testom na nivou značajnosti $p < 0,05$ i $p < 0,01$.

Tabela 21. Analiza varijanse za ispitivane faktore i značajnost njihovog uticaja na ukupnu masu klipa

Parametar		Ukupna masa klipa	
Faktor	Sig.	L.S.D. (p<0,05)	L.S.D. (p<0,01)
Navodnjavanje	**	10,33298	13,60770
Rok setve	**	8,43684	11,11064
Hibrid	**	10,33298	13,60770
Navodnjavanje x Rok setve	**	14,61304	19,24419
Navodnjavanje x Hibrid	**	17,89725	23,56923
Rok setve x Hibrid	nz	14,61304	19,24419
Navodnjavanje x Rok setve x Hibrid	nz	25,31053	33,33193

Legenda: Sig. – značajnost; p<0,01 **statistički vrlo značajno; p>0,05 ^{nz} nema statistički značajne razlike; L.S.D. – Test najmanje značajne razlike.

Dobijeni rezultati potvrđuju da ukupna masa klipa predstavlja kompleksnu proizvodnu osobinu koja zavisi od interakcije genotipa i uslova gajenja.

Povećanje mase klipa u uslovima navodnjavanja može se objasniti boljom obezbeđenošću biljaka vodom, što omogućava intenzivniji rast klipa i efikasnije nalivanje zrna. Slične rezultate navodi Hussain (2022), koji ističe da optimalni uslovi vlažnosti zemljišta značajno povećavaju masu klipa i ukupni prinos.

Uticaj roka setve na masu klipa povezan je sa klimatskim uslovima tokom vegetacije. Khan et al. (2019) navode da raniji rok setve omogućava bolje iskorišćenje vegetacionog perioda i povoljnije uslove za razvoj klipa, što rezultira većom masom klipa.

Genetičke razlike između hibrida potvrđuju da pojedini hibridi imaju veći potencijal za formiranje mase klipa. U ovom istraživanju, hibridi Enterprise i Union pokazali su veću sposobnost akumulacije biomase u klipu u odnosu na hibrid Sweet Nugget.

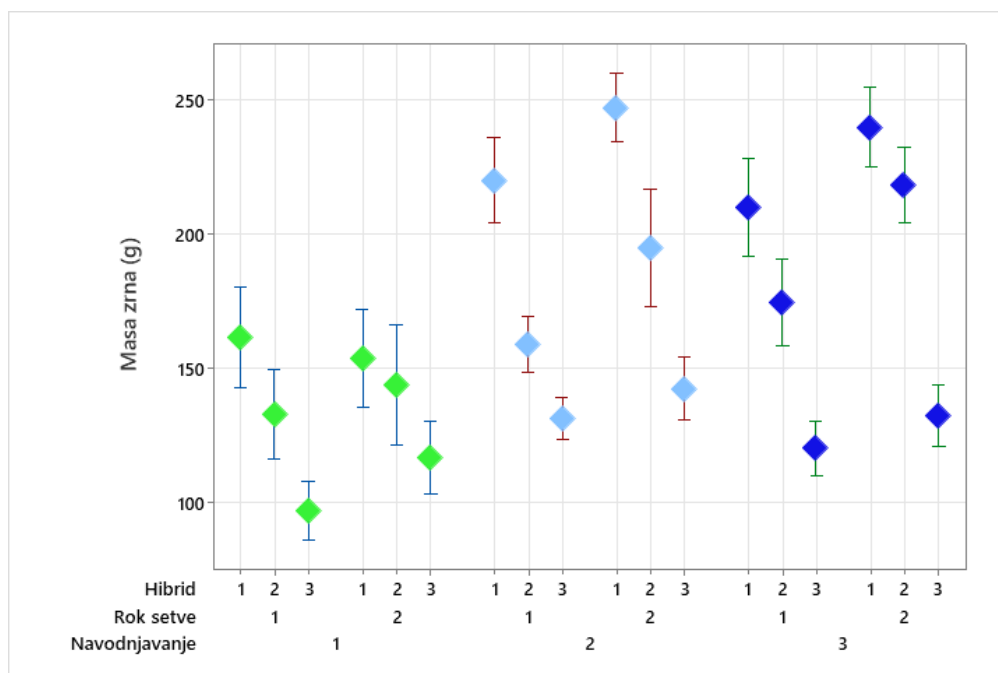
Slične nalaze iznose i Arash et al. (2011), koji ističu da masa klipa zavisi od kombinacije genetičkih karakteristika i uslova spoljne sredine, pri čemu optimalni uslovi omogućavaju maksimalnu ekspresiju prinosa.

Ukupna masa klipa je u direktnoj vezi sa drugim komponentama prinosa, kao što su masa zrna i randman. Veće vrednosti ove osobine ukazuju na efikasnije korišćenje resursa i bolju realizaciju genetičkog potencijala biljke.

Ukupno posmatrano, masa klipa predstavlja jednu od ključnih proizvodnih osobina kukuruza šećerca, jer integriše efekte svih prethodnih parametara i direktno određuje nivo i stabilnost prinosa.

7.3.3.2. Masa zrna

Masa zrna po klipu predstavlja jednu od najvažnijih komponenti prinosa kukuruza šećerca, jer direktno određuje količinu jestivog dela i u najvećoj meri utiče na ukupni prinos. Na ovu osobinu dominantno utiču agroekološki uslovi tokom faze nalivanja zrna, pre svega temperatura i dostupnost vode (Stojiljković et al., 2025).



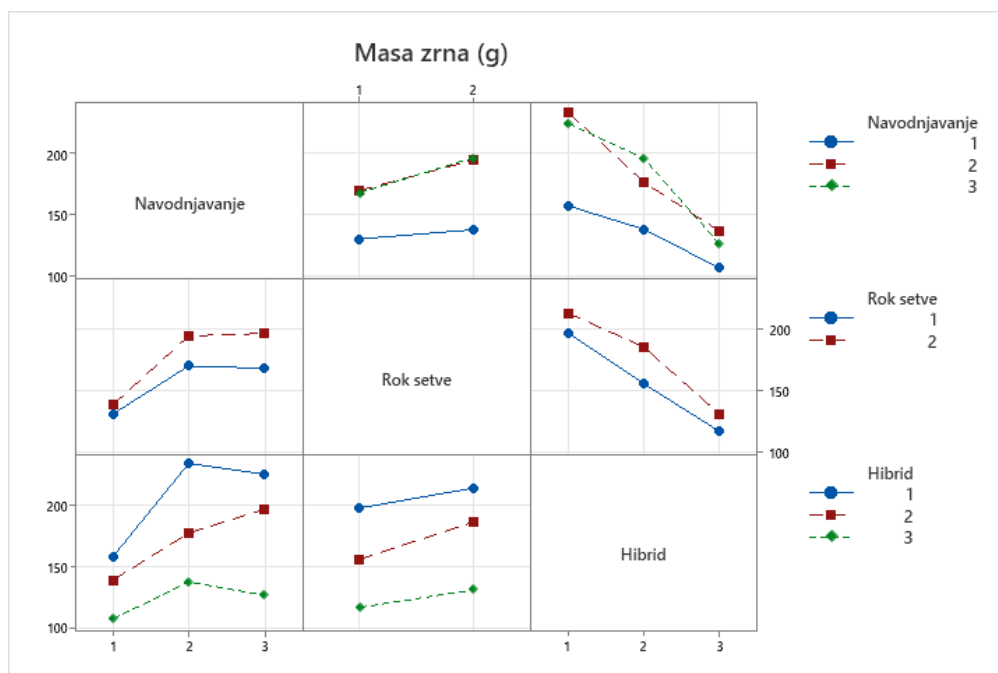
Grafikon 34. Intervalni Plot sa 95% intervalom poverenja za prosečnu vrednost za masu zrna (g) pri različitim normama navodnjavanja u dva roka setve za ispitivane hibride kukuruza šećerca u periodu istraživanja (2021-2023). *Legenda:* Navodnjavanje: 1 - Kontrola (prirodni režim vlaženja); 2 - Redukovana norma – 50% od pune norme navodnjavanja; 3 - Puna norma navodnjavanja. Rok setve: 1 – Redovan rok (kraj aprila-početak maja); 2 – Postrni rok (početak jula). Hibrid: 1 – Enterprise F₁; 2 – Union F₁; 3 – Sweet Nugget F₁.

Na osnovu rezultata (Grafikon 34; Prilog: Tabela 2), uočava se jasan trend povećanja mase zrna sa porastom intenziteta navodnjavanja. Najveća prosečna vrednost mase zrna zabeležena je kod hibrida Enterprise pri redukovanoj normi navodnjavanja (50%) u drugom roku setve i iznosila je 247,45 g. Kod hibrida Union najveća masa zrna ostvarena je pri punoj normi navodnjavanja (218,43 g), dok je kod hibrida Sweet Nugget maksimum zabeležen pri redukovanoj normi navodnjavanja (142,28 g).

Najmanja prosečna vrednost mase zrna utvrđena je u kontrolnom tretmanu u prvom roku setve kod hibrida Sweet Nugget i iznosila je 96,88 g, što je više nego dvostruko manje u odnosu na maksimalne vrednosti. Ovakvi rezultati jasno ukazuju na značajan uticaj primenjenih agrotehničkih mera na ovu osobinu.

Posmatrajući uticaj roka setve, uočava se da su kod sva tri hibrida veće vrednosti mase zrna ostvarene u drugom roku setve. Ovaj rezultat ukazuje da su u postrnom roku, uz adekvatno navodnjavanje, stvoreni povoljniji uslovi za realizaciju genetičkog potencijala hibrida.

Rezultati pokazuju da masa zrna zavisi od izražene interakcije hibrida, navodnjavanja i roka setve (Grafikon 35).



Grafikon 35. Interaksijski Plot za masu zrna (g) i uticaj posmatranih faktora za period istraživanja (2021-2023). *Legenda:* Navodnjavanje: 1 - Kontrola (prirodni režim vlaženja); 2 - Redukovana norma – 50% od pune norme navodnjavanja; 3 - Puna norma navodnjavanja. Rok setve: 1 – Redovan rok (kraj aprila-početak maja); 2 – Postrni rok (početak jula). Hibrid: 1 – Enterprise F₁; 2 – Union F₁; 3 – Sweet Nugget F₁.

Povećanje norme navodnjavanja dovodi do porasta mase zrna kod svih hibrida, ali intenzitet ovog povećanja varira u zavisnosti od genotipa. Hibrid Enterprise pokazuje najveću adaptabilnost, jer maksimalne vrednosti ostvaruje već pri redukovanoj normi navodnjavanja, dok hibrid Union zahteva punu normu za postizanje optimalnih rezultata. Hibrid Sweet Nugget pokazuje najmanju reakciju na poboljšane uslove gajenja.

Uticaj roka setve dodatno modifikuje ovaj odnos. Drugi rok setve, u kombinaciji sa navodnjavanjem, omogućava veću realizaciju potencijala za formiranje mase zrna, dok u uslovima bez navodnjavanja dolazi do značajnog smanjenja ove osobine.

Najveće vrednosti mase zrna ostvarene su u kombinacijama sa intenzivnijim navodnjavanjem i drugim rokom setve, dok su najmanje vrednosti zabeležene u kontrolnim tretmanima u prvom roku setve.

Analiza varijanse pokazala je da su faktori navodnjavanje, rok setve i hibrid ispoljili statistički vrlo značajan uticaj na masu zrna ($p < 0,01$), kao i interakcija navodnjavanje $\times$ hibrid, dok ostale interakcije nisu bile statistički značajne (Tabela 22).

Dobijeni rezultati potvrđuju da masa zrna po klipu predstavlja izrazito osetljivu proizvodnu osobinu, koja u velikoj meri zavisi od genotipa, ali i od agroekoloških uslova tokom vegetacije.

Povećanje mase zrna po klipu sa intenzitetom navodnjavanja može se objasniti boljom obezbeđenošću biljaka vodom, što omogućava efikasnije nalivanje zrna i veću akumulaciju suve materije. Sa druge strane, nepovoljni uslovi, posebno deficit vode, dovode do smanjenja mase zrna, što je u skladu sa opštim fiziološkim zakonitostima.

Tabela 22. Analiza varijanse za ispitivane faktore i značajnost njihovog uticaja na masu zrna

Parametar		Masa zrna	
Faktor	Sig.	L.S.D.	L.S.D.
		(p<0,05)	(p<0,01)
Navodnjavanje	**	8,33325	10,97422
Rok setve	**	6,80407	8,96041
Hibrid	**	8,33325	10,9742
Navodnjavanje x Rok setve	*	11,78500	15,51989
Navodnjavanje x Hibrid	**	14,43362	19,00791
Rok setve x Hibrid	nz	11,78500	15,51989
Navodnjavanje x Rok setve x Hibrid	nz	20,41222	26,88125

Legenda: Sig. – značajnost; p<0,01 **statistički vrlo značajno; p<0,05 *statistički značajno; p>0,05 ^{nz} nema statistički značajne razlike; L.S.D. – Test najmanje značajne razlike.

Uticaj klimatskih uslova tokom perioda nalivanja zrna potvrđuju i rezultati istraživanja Rajičić et al. (2025) i Soare et al. (2019), koji navode da visoke temperature i nedostatak vode negativno utiču na razvoj zrna i smanjuju njegovu masu.

Razlike između hibrida ukazuju na značaj genetičkog potencijala i sposobnosti biljaka da u različitim uslovima realizuju svoj prinos. Hibrid Enterprise pokazao je najveću sposobnost adaptacije i najviši nivo realizacije mase zrna, dok su hibridi Union i Sweet Nugget pokazali manju stabilnost ove osobine.

7.3.3.3. Masa kočana

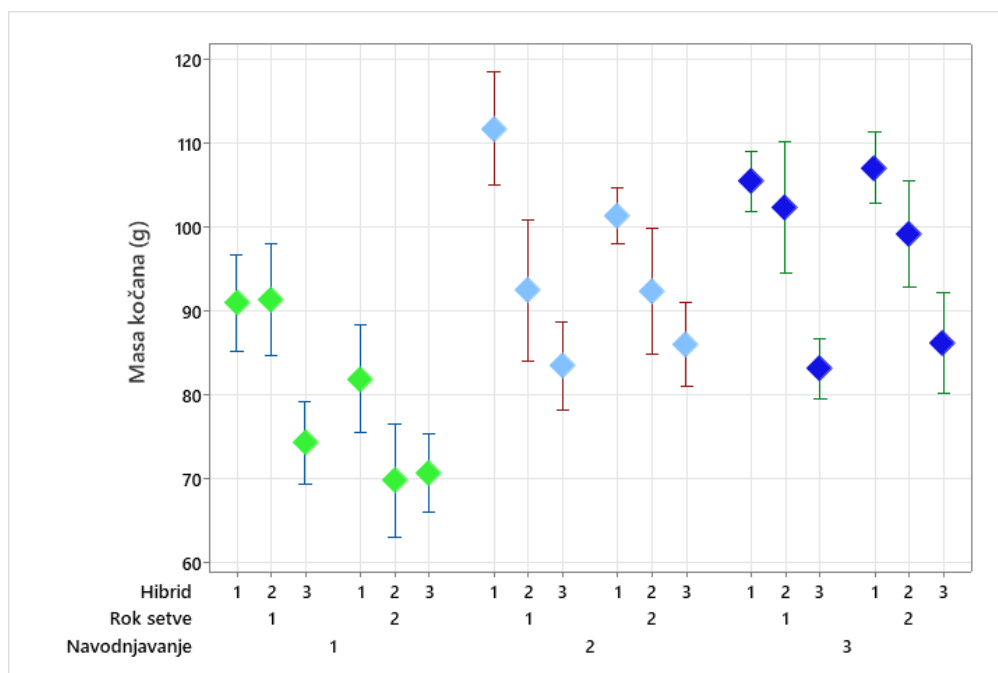
Masa kočana predstavlja važnu komponentu ukupne mase klipa, jer utiče na odnos između jestivog dela (zrna) i neproductivnog dela klipa. Sa aspekta proizvodnje, cilj je da povećanje mase klipa bude prvenstveno rezultat povećanja mase zrna, a ne mase kočana.

Na osnovu rezultata istraživanja (Grafikon 36; Prilog: Tabela 2), masa kočana kretala se u intervalu od 69,73 do 111,70 g. Najveća vrednost zabeležena je kod hibrida Enterprise pri redukovanoj normi navodnjavanja u prvom roku setve, dok su najmanje vrednosti utvrđene u kontrolnom tretmanu u drugom roku setve kod hibrida Union i Sweet Nugget (70,60 g).

Uočava se jasan trend povećanja mase kočana sa povećanjem norme navodnjavanja. Kod hibrida Enterprise masa kočana raste sa 90,93 g u kontrolnim uslovima do 107,10 g pri punoj normi navodnjavanja. Ovakav rezultat ukazuje da bolja obezbeđenost biljaka vodom doprinosi formiranju robusnije strukture klipa.

Genetičke razlike između hibrida takođe su izražene. Hibrid Enterprise formira klipove sa najvećom masom kočana, što je povezano sa njegovim većim prečnikom i dužinom klipa, dok hibrid Sweet Nugget ostvaruje niže vrednosti ove osobine.

Posmatrajući uticaj roka setve, uočava se da u uslovima navodnjavanja drugi rok setve kod većine hibrida dovodi do smanjenja mase kočana u odnosu na prvi rok. Na primer, kod hibrida Enterprise pri redukovanoj normi navodnjavanja masa kočana se smanjuje sa 111,70 g na 101,35 g, što može biti povoljno ukoliko je praćeno povećanjem mase zrna.



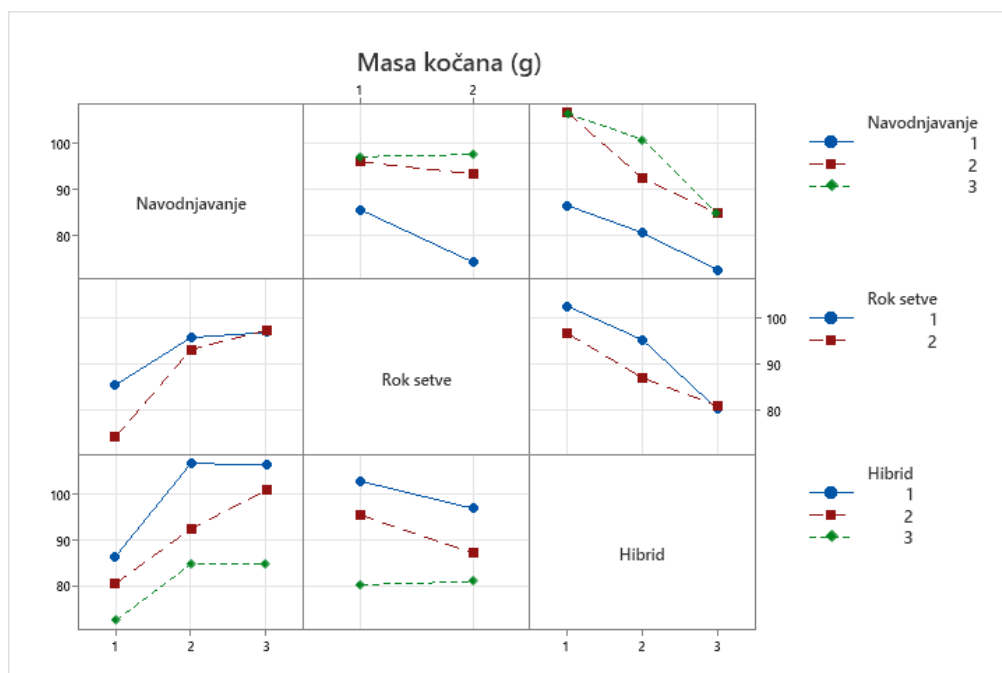
Grafikon 36. Intervalni Plot sa 95% intervalom poverenja za prosečnu vrednost za masu kočana (g) pri različitim normama navodnjavanja u dva roka setve za ispitivane hibride kukuruza šećerca u periodu istraživanja (2021-2023). *Legenda:* Navodnjavanje: 1 - Kontrola (prirodni režim vlaženja); 2 - Redukovana norma – 50% od pune norme navodnjavanja; 3 - Puna norma navodnjavanja. Rok setve: 1 – Redovan rok (kraj aprila-početak maja); 2 – Postni rok (početak jula). Hibrid: 1 – Enterprise F₁; 2 – Union F₁; 3 – Sweet Nugget F₁.

Rezultati ukazuju da masa kočana zavisi od interakcije hibrida, navodnjavanja i roka setve, pri čemu efekat jednog faktora zavisi od nivoa drugog.

Povećanje norme navodnjavanja dovodi do porasta mase kočana kod svih hibrida, ali intenzitet tog porasta varira u zavisnosti od genotipa. Hibrid Enterprise pokazuje najveću reakciju, dok su kod hibrida Union i Sweet Nugget promene manje izražene.

Uticaj roka setve dodatno modifikuje ovaj odnos. U drugom roku setve, u uslovima navodnjavanja, često dolazi do smanjenja mase kočana, što ukazuje na drugačiju raspodelu asimilata u korist zrna. Ovakav efekat može biti agronomski poželjan, jer doprinosi povećanju randmana.

Najveće vrednosti mase kočana ostvarene su u kombinaciji redukovane norme navodnjavanja i prvog roka setve kod hibrida Enterprise, dok su najmanje vrednosti zabeležene u uslovima bez navodnjavanja u drugom roku setve kod hibrida Union i Sweet Nugget.



Grafikon 37. Interakcijski Plot za masu kočana (g) i uticaj posmatranih faktora za period istraživanja (2021-2023). *Legenda:* Navodnjavanje: 1 - Kontrola (prirodni režim vlaženja); 2 - Redukovana norma – 50% od pune norme navodnjavanja; 3 - Puna norma navodnjavanja. Rok setve: 1 – Redovan rok (kraj aprila-početak maja); 2 – Postrni rok (početak jula). Hibrid: 1 – Enterprise F₁; 2 – Union F₁; 3 – Sweet Nugget F₁.

Analiza varijanse pokazala je statistički vrlo značajan uticaj svih glavnih faktora (navodnjavanje, rok setve i hibrid) na masu kočana ($p < 0,01$), kao i značajan uticaj većine njihovih međusobnih interakcija (Tabela 23). Značaj interakcije roka setve i hibrida potvrđuju i Kharazmshahi et al. (2015), koji su utvrdili značajne razlike između datuma setve i hibrida za komponente prinosa kukuruza šećerca.

Tabela 23. Analiza varijanse za ispitivane faktore i značajnost njihovog uticaja na masu kočana

Parametar		Masa kočana	
Faktor	Sig.	L.S.D.	L.S.D.
		($p < 0,05$)	($p < 0,01$)
Navodnjavanje	**	3,21028	4,22768
Rok setve	**	2,62118	3,45189
Hibrid	**	3,21028	4,22768
Navodnjavanje x Rok setve	**	4,54002	5,97885
Navodnjavanje x Hibrid	*	5,56037	7,32256
Rok setve x Hibrid	*	4,54002	5,97885
Navodnjavanje x Rok setve x Hibrid	*	7,86355	10,3556

Legenda: Sig. – značajnost; $p < 0,01$ **statistički vrlo značajno; $p < 0,05$ *statistički značajno; L.S.D. – Test najmanje značajne razlike.

Dobijeni rezultati potvrđuju da masa kočana predstavlja osobinu koja je pod uticajem kako genetičkih faktora, tako i uslova gajenja.

Povećanje mase kočana u uslovima intenzivnijeg navodnjavanja može se objasniti boljom obezbeđenošću biljaka vodom, što omogućava intenzivniji vegetativni razvoj i formiranje robusnije strukture klipa.

Razlike između hibrida ukazuju na različit genetički potencijal u pogledu formiranja strukture klipa. Hibrid Enterprise, koji ostvaruje veće dimenzije klipa, istovremeno formira i kočane veće mase, što je u skladu sa njegovim ukupnim morfološkim karakteristikama.

Uticađ roka setve ukazuje na to da klimatski uslovi tokom vegetacije mogu značajno uticati na raspodelu asimilata između kočana i zrna. Smanjenje mase kočana u drugom roku setve, u uslovima navodnjavanja, može biti rezultat efikasnijeg usmeravanja asimilata ka formiranju zrna, što je sa proizvodnog aspekta poželjno.

Rezultati analize varijanse potvrđuju da su svi ispitivani faktori i njihove interakcije značajno uticali na ovu osobinu, što ukazuje na njenu izraženu plastičnost.

Ukupno posmatrano, masa kočana predstavlja važnu komponentu strukture klipa, ali njen značaj u proizvodnji treba posmatrati u odnosu na masu zrna i randman, jer optimalan odnos ovih osobina određuje ekonomsku vrednost prinosa.

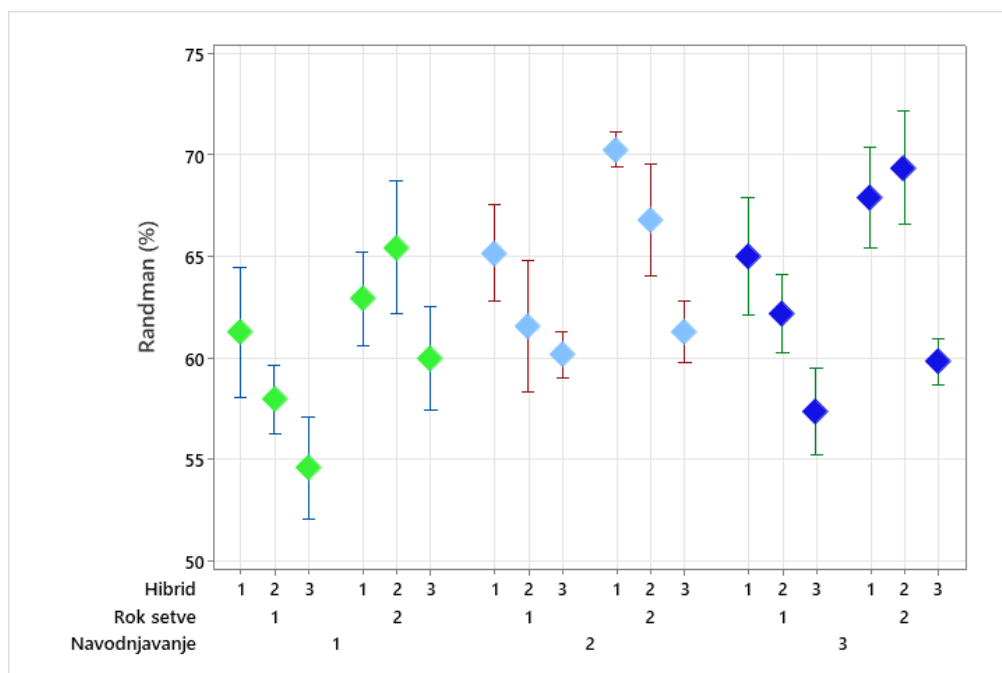
7.3.3.4. Randman zrna

Randman zrna predstavlja odnos mase zrna i ukupne mase klipa i jedan je od najvažnijih pokazatelja proizvodne vrednosti kukuruza šećerca. Ova osobina direktno odražava efikasnost raspodele asimilata između jestivog dela (zrna) i neproductivnog dela klipa (kočana), te ima ključni značaj u oceni kvaliteta prinosa.

Na osnovu rezultata istraživanja (Grafikon 38; Prilog: Tabela 2), randman zrna kretao se u intervalu od 54,54 do 70,26 %, pri čemu su najveće vrednosti zabeležene kod hibrida Enterprise i Union, dok je hibrid Sweet Nugget imao najniže vrednosti u većini tretmana.

U uslovima povećane norme navodnjavanja dolazi do porasta randmana zrna kod svih hibrida. Najveće vrednosti ostvarene su pri punoj normi navodnjavanja, dok su najmanje vrednosti zabeležene u kontrolnim uslovima. Ovakav rezultat ukazuje da adekvatna obezbeđenost vodom omogućava efikasnije usmeravanje asimilata ka formiranju zrna.

Uticađ roka setve bio je izražen, pri čemu su u drugom roku setve, uz primenu navodnjavanja, ostvarene veće vrednosti randmana. Ovo ukazuje da u postrnim rokovima, uz optimalne uslove gajenja, dolazi do povoljnijeg odnosa mase zrna i mase kočana.

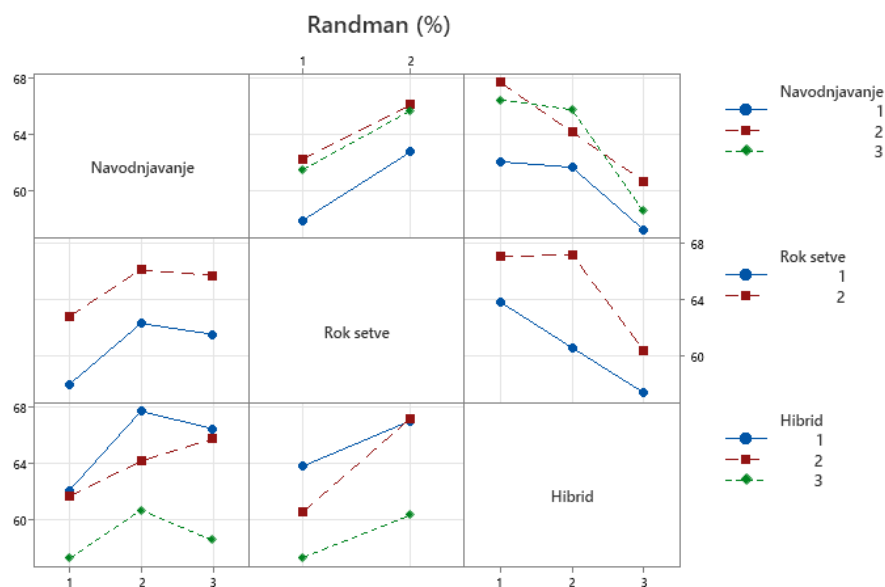


Grafikon 38. Intervalni Plot sa 95% intervalom poverenja za prosečnu vrednost za randman (%) pri različitim normama navodnjavanja u dva roka setve za ispitivane hibride kukuruza šećerca u periodu istraživanja (2021-2023). *Legenda:* Navodnjavanje: 1 - Kontrola (prirodni režim vlaženja); 2 - Redukovana norma – 50% od pune norme navodnjavanja; 3 - Puna norma navodnjavanja. Rok setve: 1 – Redovan rok (kraj aprila-početak maja); 2 – Postrni rok (početak jula). Hibrid: 1 – Enterprise F₁; 2 – Union F₁; 3 – Sweet Nugget F₁.

Randman zrna je rezultat kombinovanog delovanja hibrida, navodnjavanja i roka setve. Povećanje norme navodnjavanja dovodi do povećanja randmana zrna kod svih hibrida, ali intenzitet tog povećanja zavisi od genotipa. Hibridi Enterprise i Union pokazuju izraženiju reakciju, dok hibrid Sweet Nugget ima niže i stabilnije vrednosti.

Uticaj roka setve dodatno modifikuje ovaj odnos. U drugom roku setve, u kombinaciji sa navodnjavanjem, dolazi do povećanja randmana, što ukazuje na efikasnije usmeravanje asimilata ka zrnu u odnosu na kočan.

Najveće vrednosti randana ostvarene su u kombinaciji pune norme navodnjavanja i drugog roka setve, dok su najmanje vrednosti zabeležene u kontrolnim tretmanima.



Grafikon 39. Interakcijski Plot za randman (%) i uticaj posmatranih faktora za period istraživanja (2021-2023). *Legenda:* Navodnjavanje: 1 - Kontrola (prirodni režim vlaženja); 2 - Redukovana norma – 50% od pune norme navodnjavanja; 3 - Puna norma navodnjavanja. Rok setve: 1 – Redovan rok (kraj aprila-početak maja); 2 – Postrni rok (početak jula). Hibrid: 1 – Enterprise F₁; 2 – Union F₁; 3 – Sweet Nugget F₁.

Analiza varijanse (Tabela 24) pokazala je statistički vrlo značajan uticaj hibrida i navodnjavanja ($p < 0,01$) na randman zrna, dok je uticaj roka setve bio slabijeg intenziteta. Interakcija navodnjavanje $\times$ hibrid bila je statistički značajna, dok ostale interakcije nisu pokazale značajan efekat.

Tabela 24. Analiza varijanse za ispitivane faktore i značajnost njihovog uticaja na randman

Parametar		Randman	
Faktor	Sig.	L.S.D.	L.S.D.
		($p < 0,05$)	($p < 0,01$)
Navodnjavanje	**	1,28896	1,69746
Rok setve	**	1,05243	1,38597
Hibrid	**	1,28896	1,69746
Navodnjavanje x Rok setve	nz	1,82286	2,40057
Navodnjavanje x Hibrid	nz	2,23254	2,94008
Rok setve x Hibrid	**	1,822869	2,40057
Navodnjavanje x Rok setve x Hibrid	nz	3,157302	4,15791

Legenda: Sig. – značajnost; $p < 0,01$ ** statistički vrlo značajno; $p > 0,05$ nz nema statistički značajne razlike; L.S.D. – Test najmanje značajne razlike.

Dobijeni rezultati potvrđuju da randman zrna predstavlja kompleksnu proizvodnu osobinu koja zavisi od odnosa između mase zrna i mase kočana.

Povećanje randmana u uslovima navodnjavanja može se objasniti boljom obezbeđenošću biljaka vodom, što omogućava efikasnije nalivanje zrna i veću akumulaciju suve materije u odnosu na strukturu kočana.

Uticaj roka setve ukazuje na značaj klimatskih uslova tokom vegetacije. U drugom roku setve, uz adekvatno navodnjavanje, dolazi do povoljnije raspodele asimilata, što rezultira većim udelom zrna u ukupnoj masi klipa.

Razlike između hibrida ukazuju na značaj genetičkog potencijala u formiranju randmana. Hibridi Enterprise i Union ostvaruju veće vrednosti randmana zahvaljujući većoj masi zrna i povoljnijem odnosu između zrna i kočana, dok hibrid Sweet Nugget pokazuje nižu efikasnost u ovom pogledu.

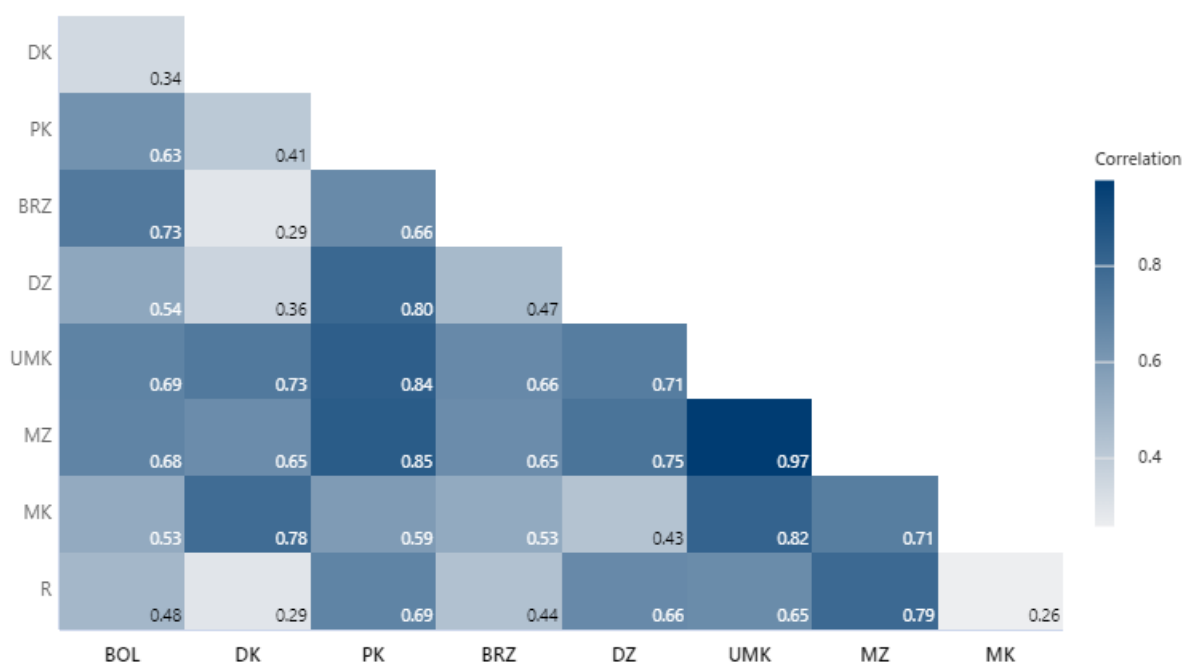
Dobijeni rezultati u skladu su sa nalazima Tupajić et al. (2024a), koji ističu značaj genotipa i uslova gajenja u formiranju odnosa između komponenti klipa i ukupnog prinosa.

Ukupno posmatrano, randman zrna predstavlja jedan od ključnih pokazatelja uspešnosti proizvodnje kukuruza šećerca, jer integriše uticaj svih proizvodnih osobina i direktno utiče na ekonomsku vrednost prinosa.

7.3.3.5. Korelacija proizvodnih osobina

Korelaciona analiza omogućava sagledavanje međusobnih odnosa između ispitivanih morfoloških i proizvodnih osobina kukuruza šećerca i identifikaciju ključnih faktora koji utiču na formiranje prinosa.

Na osnovu rezultata (Grafikon 40), utvrđene su statistički značajne povezanosti između pojedinih osobina, što ukazuje na njihovu međusobnu uslovljenost i zajednički uticaj na proizvodni potencijal biljke.



Grafikon 40. Koeficijent korelacije između proučavanih parametara (BOL - broj ovojnih listova, DK – dužina klipa, PK – prečnik klipa, BRZ – broj redova zrna, DZ – dubina zrna, UMK – ukupna masa klipa, MZ – masa zrna, MK – masa kočana, R – randman). Korelacija je značajna na nivou $p < 0,01$.

Najizraženija pozitivna korelacija utvrđena je između ukupne mase klipa i mase zrna po klipu ($r = 0,97^{**}$), što potvrđuje da masa zrna predstavlja dominantnu komponentu ukupne mase klipa. Takođe, prečnik klipa pokazao je jaku pozitivnu povezanost sa masom zrna ($r = 0,85^{**}$), što ukazuje da povećanje dimenzija klipa omogućava formiranje većeg broja i mase zrna.

Sa druge strane, randman zrna pokazao je slabu, ali statistički značajnu povezanost sa masom kočana ($r = 0,26^{**}$), što ukazuje da povećanje mase kočana može uticati na promenu odnosa između jestivog i neproduktivnog dela klipa.

Ostale osobine pokazale su slabije ili statistički neznačajne korelacione veze, što ukazuje da njihov uticaj na formiranje prinosa zavisi od kombinovanog delovanja više faktora.

Rezultati korelacione analize potvrđuju da je masa zrna po klipu ključna komponenta prinosa kukuruza šećerca, što se ogleda u njenoj vrlo jakoj povezanosti sa ukupnom masom klipa.

Jaka korelacija između prečnika klipa i mase zrna ukazuje na značaj dimenzija klipa u formiranju prinosa, jer veći klipovi omogućavaju veću akumulaciju zrna.

Slaba povezanost između randmana i mase kočana ukazuje da povećanje mase neproduktivnog dela klipa ne doprinosi povećanju prinosa, već može uticati na njegovu ekonomsku vrednost.

Dobijeni rezultati u skladu su sa nalazima Ganesan et al. (2017), koji ističu da su komponente prinosa međusobno povezane i da njihova optimalna kombinacija određuje nivo i stabilnost prinosa.

Ukupno posmatrano, korelaciona analiza pokazuje da se prinos kukuruza šećerca formira kao rezultat međusobne povezanosti proizvodnih osobina, pri čemu masa zrna ima dominantnu ulogu.

7.3.3.6. Zaključna razmatranja proizvodnih osobina

Analiza proizvodnih osobina kukurua šećerca ukazuje na izražen uticaj genotipa i uslova gajenja na formiranje prinosa i njegovih komponenti.

Ukupna masa klipa i masa zrna po klipu izdvojile su se kao najznačajnije komponente prinosa, pri čemu je masa zrna dominantno uticala na ukupnu masu klipa. Ova povezanost potvrđena je i korelacionom analizom, gde je utvrđena vrlo jaka pozitivna korelacija između ove dve osobine.

Dimenzije klipa, pre svega dužina i prečnik, imale su značajan uticaj na formiranje mase zrna, što ukazuje da veći klipovi omogućavaju veći potencijal za akumulaciju zrna. Nasuprot tome, broj redova zrna pokazao je visok stepen stabilnosti i dominantan uticaj genotipa, uz slabiju povezanost sa ostalim proizvodnim osobinama.

Dubina zrna izdvojila se kao jedna od ključnih osobina koja direktno utiče na masu zrna, pri čemu je njen intenzitet u velikoj meri zavisio od uslova gajenja, naročito od raspoloživosti vode i klimatskih faktora tokom naliivanja zrna.

Masa kočana pokazala je značajnu varijabilnost između tretmana, ali njen porast nije uvek bio praćen povećanjem mase zrna, što ukazuje na značaj optimalne raspodele asimilata između produktivnog i neproduktivnog dela klipa.

Randman zrna, kao odnos mase zrna i ukupne mase klipa, pokazao je jasnu zavisnost od navodnjavanja i genotipa, pri čemu su veće vrednosti ostvarene u uslovima bolje obezbeđenosti vodom i kod hibrida sa većom masom zrna.

Rezultati istraživanja ukazuju da navodnjavanje ima ključnu ulogu u povećanju većine proizvodnih osobina, naročito mase zrna i mase klipa, dok je uticaj roka setve bio manje izražen, ali je u interakciji sa navodnjavanjem značajno uticao na realizaciju prinosa.

Genetičke razlike između hibrida jasno su se ispoljile kroz sve ispitivane osobine, pri čemu su hibridi Enterprise i Union pokazali veći proizvodni potencijal i bolju sposobnost adaptacije na različite uslove gajenja u odnosu na hibrid Sweet Nugget.

Ukupno posmatrano, proizvodne osobine kukuruza šećerca predstavljaju rezultat složene interakcije genotipa, vodnog režima i klimatskih uslova, pri čemu optimalno usklađivanje ovih faktora ima ključnu ulogu u formiranju stabilnog i visokog prinosa.

7.4. Hemijske osobine

Hemijske osobine zrna kukuruza šećerca predstavljaju značajan segment ocene kvaliteta, jer određuju njegovu nutritivnu vrednost, senzorne karakteristike i tržišnu prihvatljivost. Za razliku od morfoloških i proizvodnih parametara, hemijski sastav daje uvid u kvalitativne karakteristike prinosa.

U ovom poglavlju analizirani su osnovni parametri hemijskog sastava zrna, i to sadržaj ukupnih šećera, saharoze i ukupnih proteina. Navedene osobine su uslovljene genotipom, uslovima gajenja i primenjenim agrotehničkim merama.

7.4.1. Ukupan sadržaj šećera

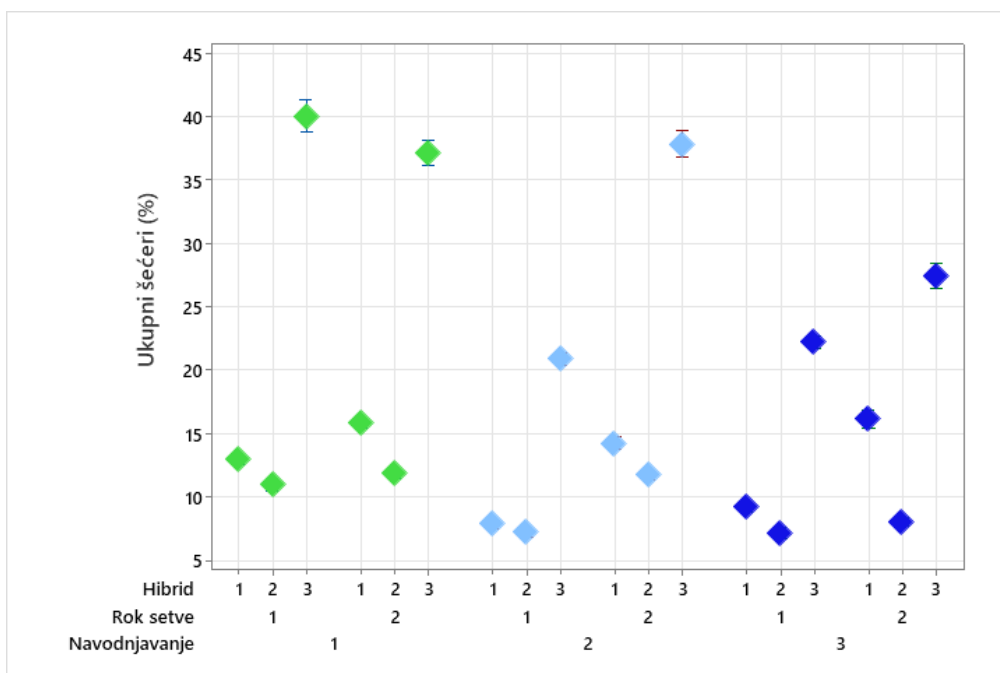
Ukupan sadržaj šećera predstavlja jedan od osnovnih pokazatelja kvaliteta zrna kukuruza šećerca, jer direktno određuje njegovu slatkoću, senzornu vrednost i tržišnu prihvatljivost. Ova osobina je posebno značajna kod hibrida različitog genetičkog tipa, jer sposobnost akumulacije šećera u zrnu zavisi od genotipa, uslova gajenja i njihove međusobne interakcije.

Na osnovu rezultata istraživanja (Grafikon 41; Prilog: Tabela 3), sadržaj ukupnih šećera u zrnu kretao se od 7,10% do 40,05%. Najveća vrednost zabeležena je kod hibrida Sweet Nugget u kontrolnom tretmanu prvog roka setve, dok je najniža vrednost utvrđena kod hibrida Union pri punoj normi navodnjavanja u prvom roku setve.

U poređenju sa hibridima Enterprise i Union, hibrid Sweet Nugget ostvario je znatno veće vrednosti ukupnih šećera u svim kombinacijama tretmana. U prvom roku setve, pri prirodnom režimu vlaženja, sadržaj ukupnih šećera kod ovog hibrida iznosio je 40,05%, dok je najniža vrednost kod istog hibrida zabeležena pri redukovanoj normi navodnjavanja i iznosila je 20,89%. U drugom roku setve vrednosti kod Sweet Nugget-a bile su stabilnije, posebno između kontrolnog tretmana i redukovane norme navodnjavanja, gde su iznosile 37,14% i 37,84%.

Hibrid Enterprise imao je niži sadržaj ukupnih šećera u odnosu na Sweet Nugget. Najveća vrednost kod ovog hibrida zabeležena je pri punoj normi navodnjavanja u drugom roku setve i iznosila je 16,13%, dok je najmanja vrednost iznosila 7,88% pri redukovanoj normi navodnjavanja u prvom roku setve.

Najniže prosečne vrednosti ostvario je hibrid Union. Kod njega je najveći sadržaj ukupnih šećera zabeležen u kontrolnom tretmanu drugog roka setve (11,78%), dok je najmanja vrednost izmerena pri punoj normi navodnjavanja u prvom roku setve (7,10%), što je u saglasnosti sa rezultatima Rosa (2014).



Grafikon 41. Intervalni Plot sa 95% intervalom poverenja za prosečnu vrednost za ukupne šećere (%) pri različitim normama navodnjavanja u dva roka setve za ispitivane hibride u 2023. godini. *Legenda:* Navodnjavanje: 1 - Kontrola (prirodni režim vlaženja); 2 - Redukovana norma – 50% od pune norme navodnjavanja; 3 - Puna norma navodnjavanja. Rok setve: 1 – Redovan rok (kraj aprila-početak maja); 2 – Postrni rok (početak jula). Hibrid: 1 – Enterprise F₁; 2 – Union F₁; 3 – Sweet Nugget F₁.

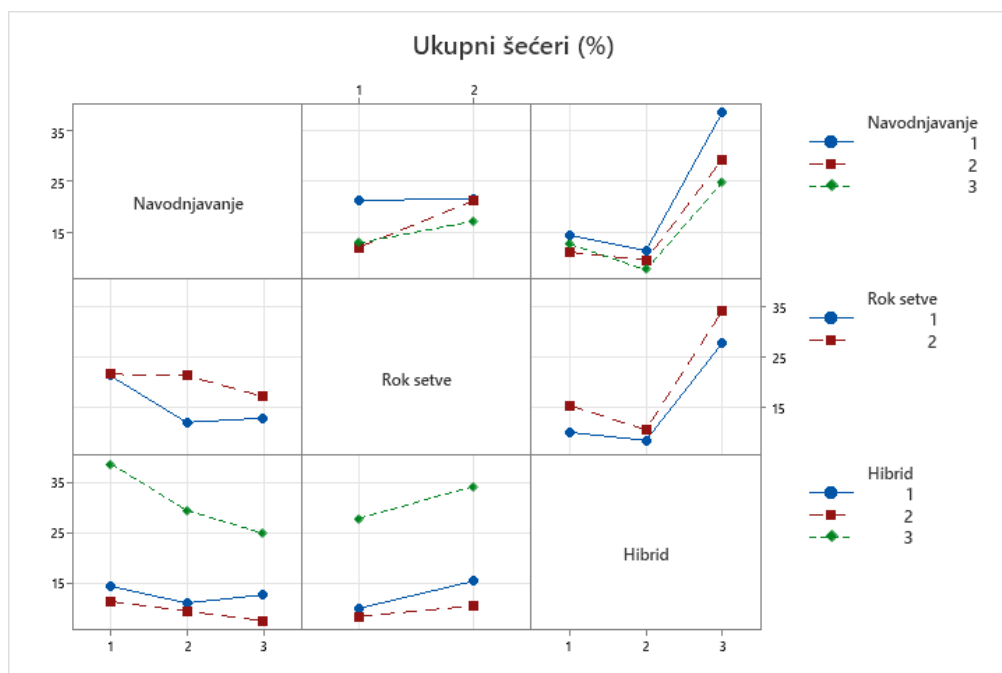
Sadržaj ukupnih šećera bio je rezultat kombinovanog delovanja hibrida, norme navodnjavanja i roka setve.

Uticaj navodnjavanja nije bio jednak kod svih hibrida. Kod hibrida Sweet Nugget, kao genotipa sa visokim potencijalom za akumulaciju šećera, vrednosti su bile znatno veće u odnosu na Enterprise i Union, ali su pokazivale i izraženiju reakciju na kombinaciju roka setve i norme navodnjavanja.

Kod hibrida Enterprise i Union oscilacije su bile manje, što ukazuje na niži genetički potencijal za akumulaciju ukupnih šećera. Kod ovih hibrida čak ni najpovoljnije kombinacije tretmana nisu dovele do vrednosti približnih onima koje je ostvario Sweet Nugget.

Rok setve dodatno je modifikovao efekat navodnjavanja. U drugom roku setve, naročito kod Sweet Nugget-a, zabeležene su visoke vrednosti ukupnih šećera u kontrolnom i redukovanom tretmanu, dok je kod Enterprise-a najveća vrednost ostvarena pri punoj normi navodnjavanja u drugom roku setve.

Najveće vrednosti ukupnih šećera ostvarene su kod hibrida Sweet Nugget, dok su najniže vrednosti zabeležene kod hibrida Union. To potvrđuje da je genotip imao presudan značaj u formiranju ove osobine.



Grafikon 42. Interakcijski Plot za ukupne šećere (%) i uticaj posmatranih faktora u 2023. godini. *Legenda:* Navodnjavanje: 1 - Kontrola (prirodni režim vlaženja); 2 - Redukovana norma – 50% od pune norme navodnjavanja; 3 - Puna norma navodnjavanja. Rok setve: 1 – Redovan rok (kraj aprila-početak maja); 2 – Postrni rok (početak jula). Hibrid: 1 – Enterprise F₁; 2 – Union F₁; 3 – Sweet Nugget F₁.

Analiza varijanse (Tabela 25) pokazala je statistički vrlo značajan uticaj svih ispitivanih faktora na sadržaj ukupnih šećera: navodnjavanja, roka setve i hibrida ($p < 0,01$). Takođe, statistički vrlo značajne bile su i sve interakcije drugog i trećeg reda: navodnjavanje $\times$ rok setve, navodnjavanje $\times$ hibrid, rok setve $\times$ hibrid i navodnjavanje $\times$ rok setve $\times$ hibrid.

Vrednosti LSD testa potvrđuju izražene razlike između tretmana i njihovih interakcija. Za glavne faktore, LSD vrednosti pri $p < 0,05$ iznosile su 0,17718 za navodnjavanje, 0,14467 za rok setve i 0,17718 za hibrid, dok su pri $p < 0,01$ iznosile 0,23758, 0,19399 i 0,23758. Za trostruku interakciju LSD vrednosti iznosile su 0,43401 pri $p < 0,05$ i 0,58109 pri $p < 0,01$.

Tabela 25. Analiza varijanse za ispitivane faktore i značajnost njihovog uticaja na ukupne šećere

Parametar		Ukupni šećeri	
Faktor	Sig.	L.S.D. ($p < 0,05$)	L.S.D. ($p < 0,01$)
Navodnjavanje	**	0,17718	0,23758
Rok setve	**	0,14467	0,19399
Hibrid	**	0,17718	0,23758
Navodnjavanje x Rok setve	**	0,25057	0,33600
Navodnjavanje x Hibrid	**	0,30689	0,41151
Rok setve x Hibrid	**	0,25057	0,33600
Navodnjavanje x Rok setve x Hibrid	**	0,43401	0,58109
Total			

Legenda: Sig. – značajnost; $p < 0,01$ ** statistički vrlo značajno; L.S.D. – Test najmanje značajne razlike.

Dobijeni rezultati potvrđuju da je sadržaj ukupnih šećera kompleksna osobina, uslovljena genotipom, režimom vlaženja i rokom setve. Najveće vrednosti ostvarene kod hibrida Sweet Nugget posledica su njegovog genetičkog potencijala za akumulaciju šećera, što je u skladu sa njegovim karakteristikama kao superslatkog hibrida.

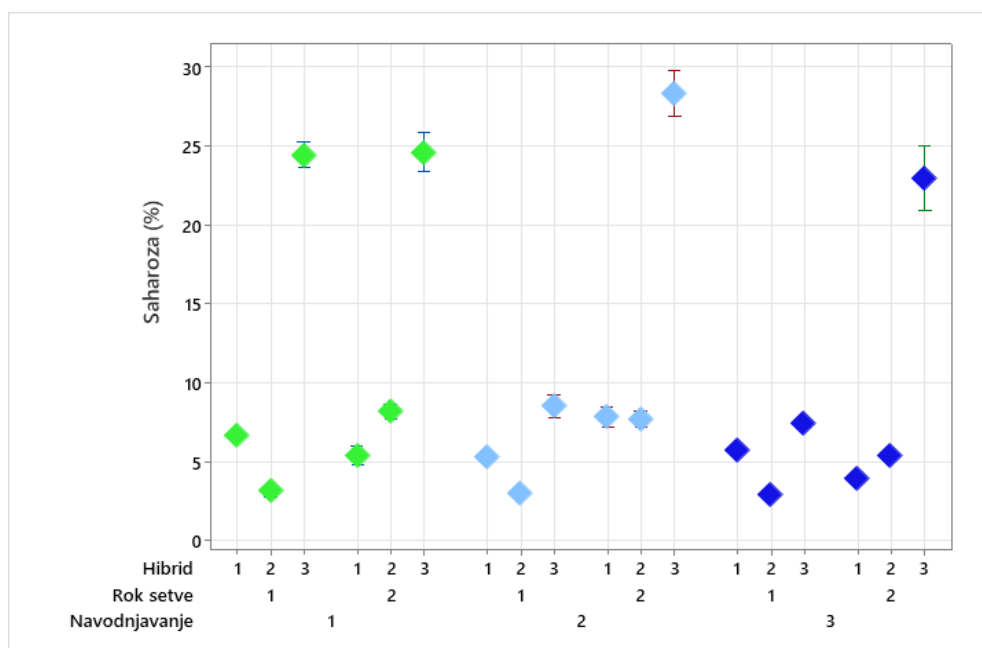
Razlike između hibrida ukazuju da genotip ima dominantnu ulogu u formiranju sadržaja ukupnih šećera. Hibridi Enterprise i Union pokazali su znatno niže vrednosti i manji raspon variranja, dok je Sweet Nugget ostvario višestruko veće vrednosti u većini tretmana.

Uticaj navodnjavanja i roka setve nije bio jednoznačan, već je zavisio od hibrida. Ovakav rezultat ukazuje da optimalna kombinacija agrotehničkih mera nije ista za sve genotipove. Značaj genotipa i datuma setve u formiranju sadržaja šećera potvrđuju i Mehta et al. (2017), koji su u istraživanju na 22 genotipa kukuruza šećerca utvrdili značajne efekte ovih faktora.

Ukupno posmatrano, sadržaj ukupnih šećera predstavlja jedan od ključnih parametara kvaliteta kukuruza šećerca, jer direktno određuje njegovu senzornu vrednost i tržišnu konkurentnost. Rezultati pokazuju da se najveći kvalitet zrna, u pogledu sadržaja ukupnih šećera, postiže izborom odgovarajućeg hibrida, uz prilagođavanje norme navodnjavanja i roka setve.

7.4.2. Sadržaj saharoze

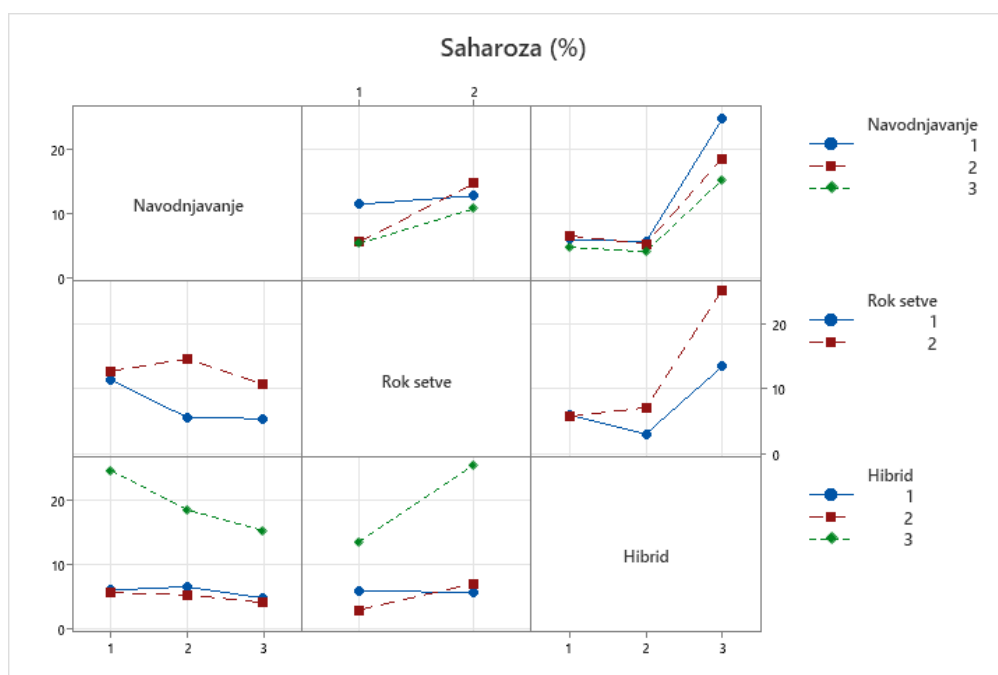
Sadržaj saharoze predstavlja ključnu komponentu ukupnih šećera u zrnju kukuruza šećerca i jedan je od najvažnijih pokazatelja njegovog kvaliteta, jer direktno utiče na slatkoću i organoleptičke osobine proizvoda. Udeo saharoze u ukupnim rastvorljivim šećerima u velikoj meri zavisi od genotipa, ali i od uslova gajenja i njihove međusobne interakcije.



Grafikon 43. Intervalni Plot sa 95% intervalom poverenja za prosečnu vrednost za saharozu (%) pri različitim normama navodnjavanja u dva roka setve za ispitivane hibride u 2023. godini. *Legenda:* Navodnjavanje: 1 - Kontrola (prirodni režim vlaženja); 2 - Redukovana norma – 50% od pune norme navodnjavanja; 3 - Puna norma navodnjavanja. Rok setve: 1 – Redovan rok (kraj aprila-početak maja); 2 – Postrni rok (početak jula). Hibrid: 1 – Enterprise F₁; 2 – Union F₁; 3 – Sweet Nugget F₁.

Na osnovu rezultata istraživanja (Grafikon 43; Prilog: Tabela 3), sadržaj saharoze pokazao je značajne varijacije u zavisnosti od ispitivanih faktora. Najveće vrednosti zabeležene su kod hibrida Sweet Nugget, gde je pri redukovanoj normi navodnjavanja u drugom roku setve ostvaren maksimum od 28,39%, dok su znatno niže vrednosti kod istog hibrida utvrđene u prvom roku setve pri punoj i redukovanoj normi navodnjavanja (8,52 i 7,42%) .

U kontrolnim uslovima, hibrid Sweet Nugget ostvario je visoke i ujednačene vrednosti u oba roka setve (24,46 i 24,67%), što potvrđuje njegov izražen genetički potencijal za akumulaciju saharoze. Nasuprot tome, hibridi Enterprise i Union ostvarili su znatno niže vrednosti. Pri redukovanoj normi navodnjavanja u drugom roku setve, njihove vrednosti bile su približne i kretale su se u opsegu od 7,70 do 7,83%, dok su u ostalim tretmanima bile još niže, naročito kod hibrida Union, gde je sadržaj saharoze bio ispod 3%.



Grafikon 44. Interakcijski Plot za saharozu (%) i uticaj posmatranih faktora u 2023. godini. *Legenda:* Navodnjavanje: 1 - Kontrola (prirodni režim vlaženja); 2 - Redukovana norma – 50% od pune norme navodnjavanja; 3 - Puna norma navodnjavanja. Rok setve: 1 – Redovan rok (kraj aprila-početak maja); 2 – Postrni rok (početak jula). Hibrid: 1 – Enterprise F₁; 2 – Union F₁; 3 – Sweet Nugget F₁.

Sadržaj saharoze bio je rezultat kombinovanog delovanja hibrida, norme navodnjavanja i roka setve.

Uticaj navodnjavanja bio je izražen, ali nije bio uniforman kod svih hibrida. Kod hibrida Sweet Nugget, redukovana norma navodnjavanja u drugom roku setve dovela je do maksimalnih vrednosti, dok su u prvom roku setve iste norme rezultirale znatno nižim sadržajem saharoze. Ovakav rezultat ukazuje da efekat navodnjavanja zavisi od vremenskih uslova tokom vegetacije.

Kod hibrida Enterprise i Union vrednosti saharoze bile su znatno niže i stabilnije, što ukazuje na ograničen genetički potencijal za akumulaciju ovog šećera. Njihova reakcija na promene norme navodnjavanja i roka setve bila je slabije izražena u poređenju sa Sweet Nugget-om.

Rok setve dodatno je modifikovao efekat navodnjavanja. U drugom roku setve, posebno u kombinaciji sa redukovanom normom navodnjavanja, ostvarene su veće vrednosti saharoze, što ukazuje na povoljnije uslove za akumulaciju šećera u kasnijim rokovima proizvodnje.

Najveće vrednosti saharoze ostvarene su kod hibrida Sweet Nugget u drugom roku setve, dok su najniže vrednosti zabeležene kod hibrida Union u većini tretmana.

Analiza varijanse (Tabela 26) pokazala je statistički vrlo značajan uticaj svih ispitivanih faktora na sadržaj saharoze ($p < 0,01$), kao i njihovih međusobnih interakcija.

LSD vrednosti za glavne faktore pri $p < 0,05$ iznosile su 0,20983 za navodnjavanje, 0,17133 za rok setve i 0,20983 za hibrid, dok su pri $p < 0,01$ iznosile 0,28137, 0,22973 i 0,28137. Za trostruku interakciju LSD vrednosti iznosile su 0,51399 pri $p < 0,05$ i 0,68921 pri $p < 0,01$, što ukazuje na izražene razlike između kombinacija tretmana.

Tabela 26. Analiza varijanse za ispitivane faktore i značajnost njihovog uticaja na saharozu

Parametar		Saharoza	
Faktor	Sig.	L.S.D. ($p < 0,05$)	L.S.D. ($p < 0,01$)
Navodnjavanje	**	0,20983	0,28137
Rok setve	**	0,17133	0,22973
Hibrid	**	0,20983	0,28137
Navodnjavanje x Rok setve	**	0,29675	0,39791
Navodnjavanje x Hibrid	**	0,36344	0,48734
Rok setve x Hibrid	**	0,29675	0,39791
Navodnjavanje x Rok setve x Hibrid	**	0,51399	0,68921
Total			

Legenda: Sig. – značajnost; $p < 0,01$ **statistički vrlo značajno; L.S.D. – Test najmanje značajne razlike.

Dobijeni rezultati potvrđuju da je sadržaj saharoze dominantno uslovljen genotipom, ali i značajno modifikovan uslovima gajenja. Visoke vrednosti kod hibrida Sweet Nugget posledica su njegove pripadnosti grupi superslatkih (sh2) genotipova, kod kojih saharoza čini dominantan deo ukupnih šećera. Prema Becerra-Sanchez and Taylor (2021), saharoza čini približno 94% ukupnih rastvorljivih šećera kod sh2 genotipova, dok je njen udeo kod su1 genotipova oko 85%, što objašnjava izražene razlike između ispitivanih hibrida.

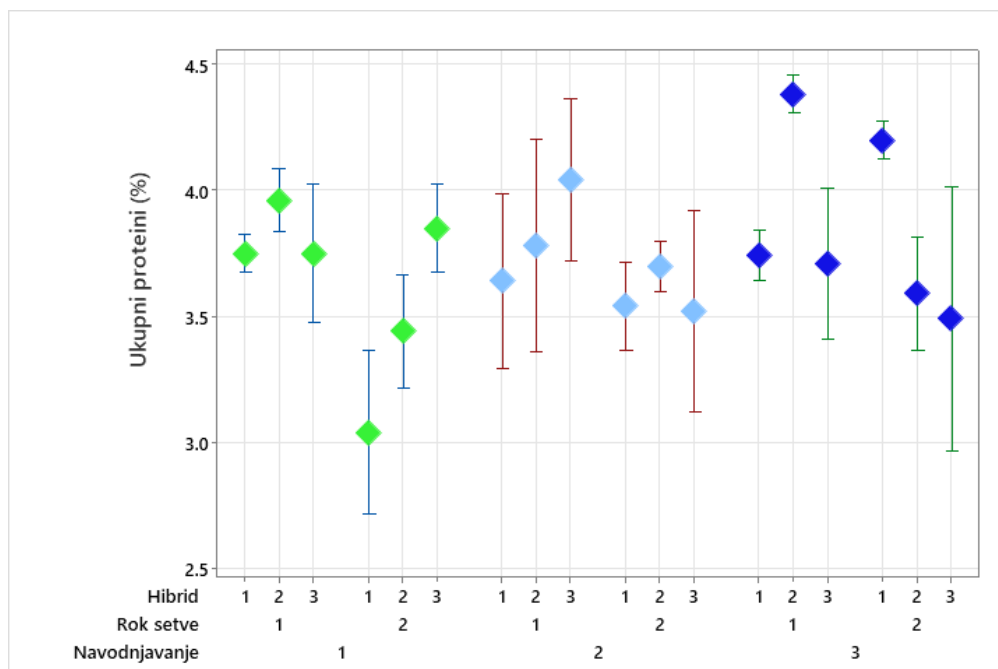
Hemijski sastav zrna, uključujući sadržaj saharoze, određen je genotipom, agrotehničkim merama i njihovom interakcijom, što je u skladu sa navodima Tracy (2001), Tracy et al. (2006), Ledenčan et al. (2008) i Khanduri et al. (2011). Razlike između genotipova sa različitim tipovima mutacija potvrđene su i u ranijim istraživanjima, pri čemu sh2 genotipovi pokazuju veći sadržaj šećera u odnosu na su1 tipove (Tracy, 2001; Creech, 1965, 1968).

Uticaj roka setve i navodnjavanja ukazuje na značaj agroekoloških uslova. Više temperature i niži nivo vlažnosti karakteristični za kasnije rokove setve mogu doprineti povećanju sadržaja šećera u zrnu (Soare et al., 2019), dok su značajni efekti roka setve na sadržaj lakorastvorljivih šećera potvrđeni i u istraživanju Ugur and Maden (2015).

Ukupno posmatrano, sadržaj saharoze predstavlja ključni parametar kvaliteta kukuruza šećerca, jer u velikoj meri određuje njegovu slatkoću i tržišnu vrednost. Rezultati ukazuju da se optimalne vrednosti mogu postići izborom odgovarajućeg hibrida, uz prilagođavanje roka setve i norme navodnjavanja.

7.4.3. Sadržaj ukupnih proteina

Sadržaj ukupnih proteina predstavlja značajan nutritivni parametar kvaliteta zrna kukuruza šećerca, jer direktno utiče na njegovu hranljivu vrednost i upotrebnu namenu. Ova osobina je uslovljena genotipom, ali i agroekološkim uslovima i primenjenim agrotehničkim merama.



Grafikon 45. Intervalni Plot sa 95% intervalom poverenja za prosečnu vrednost za ukupne proteine (%) pri različitim normama navodnjavanja u dva roka setve za ispitivane hibride u 2023. godini. *Legenda:* Navodnjavanje: 1 - Kontrola (prirodni režim vlaženja); 2 - Redukovana norma – 50% od pune norme navodnjavanja; 3 - Puna norma navodnjavanja. Rok setve: 1 – Redovan rok (kraj aprila-početak maja); 2 – Postrni rok (početak jula). Hibrid: 1 – Enterprise F₁; 2 – Union F₁; 3 – Sweet Nugget F₁.

Na osnovu rezultata istraživanja (Grafikon 45; Prilog: Tabela 3), sadržaj ukupnih proteina pokazao je manju varijabilnost u odnosu na sadržaj šećera, ali su utvrđene značajne razlike između tretmana. Najveće vrednosti zabeležene su pri punoj normi navodnjavanja u prvom roku setve kod hibrida Union (4,38%), kao i kod hibrida Enterprise (4,20%) u istim uslovima.

U uslovima prirodnog režima vlaženja u prvom roku setve, hibrid Union ostvario je vrednost od 3,96%, dok su hibridi Enterprise i Sweet Nugget imali isti sadržaj ukupnih proteina (3,75%). Najniže vrednosti zabeležene su pri redukovanoj normi navodnjavanja u drugom roku setve kod hibrida Enterprise (3,04%) i Union (3,44%).

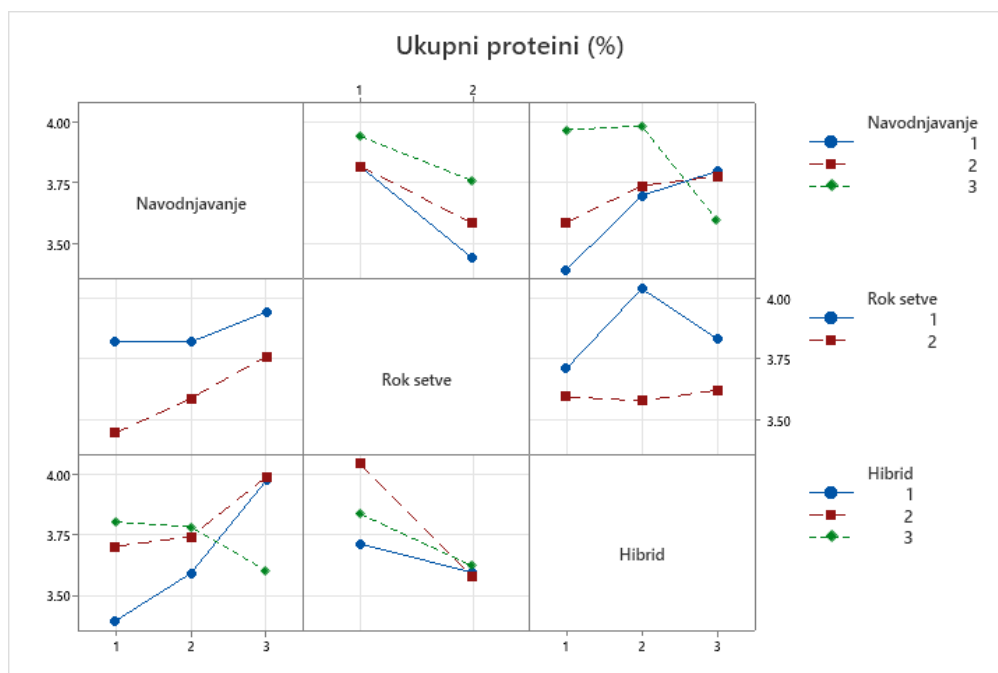
Sadržaj ukupnih proteina bio je rezultat kombinovanog delovanja hibrida, norme navodnjavanja i roka setve.

Povećanje norme navodnjavanja dovelo je do povećanja sadržaja proteina kod svih hibrida, pri čemu je ovaj efekat bio najizraženiji kod hibrida Union. Tretmani sa redukovanom i punom normom navodnjavanja, u oba roka setve, pokazali su prednost u odnosu na kontrolni tretman, što ukazuje na značaj adekvatne obezbeđenosti vodom za sintezu proteina.

Uticaj roka setve bio je manje izražen u odnosu na sadržaj šećera, ali je u kombinaciji sa navodnjavanjem doprineo varijabilnosti rezultata. Najniže vrednosti proteina zabeležene su

u drugom roku setve pri redukovanoj normi navodnjavanja, što ukazuje na nepovoljan efekat kombinacije ovih faktora.

Razlike između hibrida bile su relativno male, što ukazuje na ujednačeniji genetički potencijal za sadržaj proteina u poređenju sa sadržajem šećera.



Grafikon 46. Interakcijski Plot za ukupne proteine (%) i uticaj posmatranih faktora u 2023. godini. *Legenda:* Navodnjavanje: 1 - Kontrola (prirodni režim vlaženja); 2 - Redukovana norma – 50% od pune norme navodnjavanja; 3 - Puna norma navodnjavanja. Rok setve: 1 – Redovan rok (kraj aprila-početak maja); 2 – Postrni rok (početak jula). Hibrid: 1 – Enterprise F₁; 2 – Union F₁; 3 – Sweet Nugget F₁.

Analiza varijanse (Tabela 27) pokazala je statistički vrlo značajan uticaj svih ispitivanih faktora na sadržaj ukupnih proteina ($p < 0,01$). Interakcija navodnjavanje $\times$ rok setve bila je statistički značajna ($p < 0,05$), dok su ostale interakcije bile statistički vrlo značajne.

LSD vrednosti za glavne faktore pri $p < 0,05$ iznosile su 0,07352 za navodnjavanje, 0,06003 za rok setve i 0,07352 za hibrid, dok su pri $p < 0,01$ iznosile 0,09858, 0,08049 i 0,09858. Za trostruku interakciju LSD vrednosti iznosile su 0,18009 pri $p < 0,05$ i 0,24148 pri $p < 0,01$.

Dobijeni rezultati potvrđuju da je sadržaj ukupnih proteina stabilnija osobina u odnosu na sadržaj šećera, sa manjim varijacijama između hibrida i tretmana. Najveće vrednosti ostvarene su u uslovima punog navodnjavanja, što ukazuje na značaj adekvatne vodosnabdevenosti biljaka za sintezu proteina.

Tabela 27. Analiza varijanse za ispitivane faktore i značajnost njihovog uticaja na ukupne protein

Parametar		Ukupni proteini	
Faktor	Sign.	L.S.D. (p<0,05)	L.S.D. (p<0,01)
Navodnjavanje	**	0,07352	0,09858
Rok setve	**	0,06003	0,08049
Hibrid	**	0,07352	0,09858
Navodnjavanje x Rok setve	*	0,10397	0,13942
Navodnjavanje x Hibrid	**	0,12734	0,17075
Rok setve x Hibrid	**	0,10397	0,13942
Navodnjavanje x Rok setve x Hibrid	**	0,18009	0,24148
Total			

Legenda: Sig. – značajnost; p<0,01 ** statistički vrlo značajno; p<0,05 * statistički značajno; L.S.D. – Test najmanje značajne razlike.

U istraživanjima Kara et al. (2012), optimalni rok setve doveo je do većih vrednosti proteina (oko 4%), što je delimično u suprotnosti sa rezultatima ovog istraživanja, gde uticaj roka setve nije bio dominantan faktor.

Dobijeni rezultati ukazuju da genotip ima ulogu u formiranju sadržaja proteina, ali sa manjim intenzitetom u odnosu na sadržaj šećera. Slične rezultate navodi Hussain (2022), gde uticaj hibrida i roka setve nije bio statistički značajan. Takođe, Muslimaha et al. (2023) i Šević et al. (2025) ističu da genotip dominira u određivanju sadržaja proteina, uz manji uticaj agrotehničkih mera.

Uticaj roka setve na sadržaj proteina nije uvek izražen, što potvrđuju i Sheikh and Dar (2017), koji navode da datum setve nema značajan uticaj na ovu osobinu.

Ukupno posmatrano, sadržaj proteina predstavlja važan nutritivni parametar kukuruza šećerca, ali je manje osetljiv na promene uslova gajenja u odnosu na sadržaj šećera. Rezultati ukazuju da se optimalne vrednosti postižu prvenstveno adekvatnim navodnjavanjem, uz manji uticaj izbora roka setve i hibrida.

7.4.4. Zaključna razmatranja hemijskih osobina

Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da hemijske osobine zrna kukuruza šećerca značajno zavise od genotipa, režima navodnjavanja i roka setve, kao i od njihovog međusobnog delovanja.

Sadržaj ukupnih šećera i saharoze pokazao je izraženu varijabilnost, pri čemu je genotip imao dominantnu ulogu u formiranju ovih osobina. Hibrid Sweet Nugget ostvario je najviše vrednosti, što potvrđuje njegov visok potencijal za akumulaciju šećera, dok su hibridi Enterprise i Union imali znatno niže i stabilnije vrednosti.

Uticaj navodnjavanja bio je značajan, ali nejednak u zavisnosti od genotipa i roka setve. Odgovarajuća norma navodnjavanja omogućila je efikasniju akumulaciju šećera, dok je efekat roka setve bio uslovljen specifičnim uslovima tokom vegetacije. Izražene interakcije između faktora ukazuju da optimalna kombinacija agrotehničkih mera zavisi od izbora hibrida.

Za razliku od šećera, sadržaj ukupnih protina pokazao je manju varijabilnost između tretmana, što ukazuje na stabilniju prirodu ove osobine. Ipak, uticaj navodnjavanja bio je značajan, dok su efekti roka setve i hibrida bili manje izraženi.

Ukupno posmatrano, hemijske osobine zrna kukuruza šećerca predstavljaju kompleksan skup parametara čije formiranje zavisi od interakcije genetskih i agroekoloških faktora. Njihova analiza omogućava potpuniju ocenu kvaliteta proizvodnje, jer povezuje kvantitativne pokazatelje prinosa sa nutritivnim i senzornim karakteristikama proizvoda.

8. ZAKLJUČAK

Istraživanje prikazano u ovoj doktorskoj disertaciji sprovedeno je tokom tri vegetacione sezone (2021–2023) na oglednoj parceli u selu Bresje (Velika Plana), u agroekološkim uslovima Podunavskog okruga. U istraživanju su ispitivani efekti tri hibrida kukuruza šećerca (Enterprise F1, Union F1 i Sweet Nugget F1), tri nivoa navodnjavanja (prirodni režim vlaženja zemljišta, redukovana norma navodnjavanja od 50% PVK i puna norma navodnjavanja od 100% PVK) i dva roka setve (redovni – kraj aprila/početak maja i postrni – početak jula) na morfološke, proizvodne i hemijske osobine kukuruza šećerca. Navodnjavanje je obavljano sistemom kap po kap uz kontrolu vlažnosti zemljišta, što je omogućilo pouzdanu procenu pojedinačnih i interakcijskih efekata ispitivanih faktora.

Na osnovu dobijenih rezultata mogu se izvesti sledeći zaključci:

- Režim navodnjavanja predstavlja ključni faktor proizvodnje kukuruza šećerca, sa statistički vrlo značajnim uticajem ($p < 0,01$) na većinu analiziranih morfoloških, proizvodnih i hemijskih osobina, čime se potvrđuje dominantna uloga vodosnabdevenosti u formiranju prinosa i kvaliteta.
- Puna norma navodnjavanja (100% PVK) omogućava maksimalnu realizaciju genetičkog potencijala hibrida, što se ogleda kroz najveće vrednosti morfoloških i proizvodnih parametara, uključujući visinu biljke (do 232 cm), visinu do prvog klipa (do 78,5 cm), masu klipa (do 351 g), masu zrna (do 247 g) i randman (do 70,26%).
- Prirodni režim vlaženja pokazao je izražen ograničavajući efekat, jer deficit vode tokom vegetacije dovodi do smanjenja vegetativnog rasta, slabijeg formiranja klipa i nižeg prinosa, posebno u fazama intenzivnog porasta i nalivanja zrna.
- Redukovana norma navodnjavanja (50% PVK) predstavlja održiv i efikasan proizvodni model, jer omogućava ostvarivanje relativno visokih vrednosti prinosa i kvaliteta uz značajno smanjenje potrošnje vode, čime se povećava efikasnost korišćenja vodnih resursa.
- Rok setve značajno utiče na ispitivane osobine, pri čemu drugi rok setve, u kombinaciji sa adekvatnim navodnjavanjem, omogućava efikasniju raspodelu asimilata i povećanje randmana zrna, dok u uslovima bez navodnjavanja predstavlja rizičan proizvodni sistem.
- Morfološke osobine su primarno određene nivoom vodosnabdevenosti, jer povećanje norme navodnjavanja dovodi do intenzivnijeg vegetativnog rasta, većeg broja listova i razvijenije lisne površine, što direktno utiče na fotosintetski potencijal biljaka.
- Proizvodne osobine (masa klipa, masa zrna i randman) u najvećoj meri zavise od dostupnosti vode u kritičnim fazama razvoja, pri čemu optimalno navodnjavanje omogućava efikasnije nalivanje zrna i veći udeo zrna u ukupnoj masi klipa.
- Randman zrna predstavlja integrativni pokazatelj proizvodne uspešnosti, čije su maksimalne vrednosti ostvarene u uslovima pune norme navodnjavanja i drugog roka setve, što ukazuje na optimalne uslove za raspodelu asimilata između zrna i kočana.
- Genotip ima presudan uticaj na hemijske osobine zrna, pri čemu je super-slatki hibrid Sweet Nugget ostvario najviše vrednosti ukupnih šećera (do 40,05%) i saharoze (do 28,39%), dok su standardni hibridi Enterprise i Union imali znatno niže vrednosti.

- Sadržaj ukupnih šećera pokazuje visoku varijabilnost i zavisnost od interakcije faktora, što potvrđuje da ova osobina nije determinisana samo genotipom, već i uslovima gajenja i njihovim međusobnim delovanjem.
- Sadržaj saharoze, kao dominantnog šećera, posebno je osetljiv na kombinaciju roka setve i režima navodnjavanja, pri čemu su najveće vrednosti ostvarene u drugom roku setve i redukovanoj normi navodnjavanja.
- Sadržaj ukupnih proteina pokazuje manju varijabilnost (3,04–4,38%), ali je pod uticajem navodnjavanja, sa tendencijom porasta u uslovima optimalne vodosnabdevenosti, što ukazuje na stabilniji karakter ove osobine.
- Interakcije faktora (navodnjavanje $\times$ rok setve $\times$ hibrid) imaju ključnu ulogu u formiranju svih ispitivanih osobina, što potvrđuje da se efekti pojedinačnih faktora ne mogu posmatrati izolovano.
- Postrni rok setve predstavlja realnu mogućnost intenzifikacije proizvodnje, ali isključivo uz primenu navodnjavanja, čime se smanjuje rizik od negativnog uticaja visokih temperatura i nedostatka vlage.
- Efikasno upravljanje navodnjavanjem omogućava optimizaciju proizvodnje kukuruza šećerca, kroz postizanje balansa između prinosa, kvaliteta i potrošnje vode, što je od posebnog značaja u uslovima klimatskih promena.
- Izbor hibrida mora biti usklađen sa ciljem proizvodnje, jer standardni hibridi omogućavaju veći prinos, dok super-slatki hibridi obezbeđju viši kvalitet zrna u pogledu sadržaja šećera.
- Rezultati istraživanja potvrđuju potrebu za integrisanim pristupom proizvodnji, koji podrazumeva usklađivanje genotipa, režima navodnjavanja i roka setve u skladu sa agroekološkim uslovima.
- Naučni doprinos rada ogleda se u kvantifikaciji i tumačenju interakcija ključnih faktora proizvodnje, dok praktični značaj proizilazi iz mogućnosti primene rezultata u unapređenju tehnologije gajenja kukuruza šećerca u uslovima ograničenih vodnih resursa.

Ukupno posmatrano, rezultati ove disertacije potvrđuju da se visok i stabilan prinos kukuruza šećerca, uz očuvanje kvaliteta zrna, može ostvariti jedino kroz usklađivanje režima navodnjavanja, roka setve i izbora hibrida. U uslovima sve izraženije klimatske varijabilnosti, pravilno upravljanje ovim faktorima postaje jedan od ključnih elemenata uspešne i održive proizvodnje kukuruza šećerca.

9. LITERATURA

- Abadi, W., & Sugiharto, A. N. (2019). Uji keunggulan beberapa calon varietas hibrida jagung manis (*Zea mays* L. var. *saccharata*). *Jurnal Produksi Tanaman*, 7 (5), 939–948.
- Abrar, A. K., Hussain, A., Manzoor, A. and Ganai, M. A. (2018). Response of sweet corn hybrid to transplanting dates and nitrogen levels under temperate conditions. *International Journal of Current Microbiology and Applied Science* 7 (4): 1284-1291.
- Abuzar, M.R.; Sandozai, G.U.; Baloch, A.A., Shah, I.H., Javaid, T., Hussain, T. (2011). Effect of plant population densities on yield of maize. *The Journal of Animal and Plant Sciences* 2011, 21(4), 692-695.
- Afshar, R. K., Jovini, M. A., Chaichi, M. R., Hashemi, M. (2014). Grain Sorghum Response to Arbuscular Mycorrhiza and Phosphorus Fertilizer under Deficit Irrigation. *Agronomy Journal*, 106(4), 1212–1218. <https://doi.org/10.2134/agronj13.0589>
- Ağaçkesen, M.N. Öktem, A. (2020). Effect of Different Harvesting Stages to Fresh Ear Yield and Some Yield Characteristics of Merit Sweet Corn Variety (*Zea mays* L. *saccharata* Sturt). *KSÜ Tarım ve Doğa Derg.*, 23(1): 69-76, 2020, <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/919422>
- Ahmad, I., Ahmad, B., Boote, K., and Hoogenboom, G. (2020). Adaptation strategies for maize production under climate change for semi-arid environments. *European Journal of Agronomy*, 115, 126040. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126040>
- Ahmad, Z., Waraich, E. A., Ahmad, T., Ahmad, R., and Awan, M. I. (2015). Yield responses of maize as influenced by supplemental foliar applied phosphorus under drought stress. *International Journal of Food and Allied Sciences*, 1(2), 45. <https://doi.org/10.21620/ijfaas.2015245-55>
- Alan, Â., Kinaci, G., Kinaci, E., Basciftci, Z. B., Sonmez, K., Evrenosoglu, Y., and Kutlu, I. (2014). Kernel quality of some sweet corn varieties in relation to processing. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 42(2), 414–419. <https://doi.org/10.15835/nbha4229425>
- Anıl, H., Sezer, I. (2003). A study on the effects different sowing time and transplanting on the yield, yield components and some quality characteristics in sweet corn at Çarşamba Plain. *O.M.U. Ziraat Fak. Dergisi*, 18(2), 17-23.
- AOAC (1995). Official Methods of Analysis of AOAC International. AOAC International, Secs., 942.15 Washington, USA.
- AOAC (2006). Official methods of analysis of AOAC international 312 (18 ed.). Gaithersbrug, Maryland. <https://search.worldcat.org/title/Official-methods-ofanalysis-of-AOAC-International/oclc/1085712083>
- Arash, F., Mohammad-Eghbal, G., Saeid Jalali-H. (2011). The effect of water deficit and sowing date on yield components and seed sugar contents of sweet corn (*Zea mays* L.). *African Journal of Agricultural Research*, 6(26), 5769-5774.
- Aydinsakir, K., Erdal, S., Buyuktas, D., Bastug, R., and Toker, R. (2013). The influence of regular deficit irrigation applications on water use, yield, and quality components of two corn (*Zea mays* L.) genotypes. *Agricultural Water Management*, 128, 65-71. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2013.06.013>
- Badr, E., Sadah, M., and Bakhoun, G. (2021). Physiological response of sweet corn (*Zea mays* L.) grown under sandy soil to α -tocopherol treatments and different irrigation systems. *Bulletin of the National Research Centre*, 45, 5. <https://doi.org/10.1186/s42269-020-00465-y>
- Balbua, M. G., Osman, H. T., Kandil, E. E., Javed, T., Lamloom, S. F., Ali, H. M., Kalaji, H. M., Wróbel, J., Telesiński, A., Brysiewicz, A., Ghareeb, R. Y., Abdelsalam, N. R.,

- and Abdelghany, A. M. (2022). Determination of morpho-physiological and yield traits of maize inbred lines (*Zea mays* L.) under optimal and drought stress conditions. *Frontiers in Plant Science*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.959203>.
- Banotra, M., Sharma, B.C., Kumar, R., Mahajan, A., Nandan, B. (2021). Cultivars and Planting times effect on growth, yield, quality and economics of sweet corn (*Zea mays* L. var. *saccharata*) under different conditions: Review. *Agr. Mech. Asia* 52 (01), 2807–2817.
- Becerra-Sanchez F and Taylor G. (2021). Reducing post-harvest losses and improving quality in sweet corn (*Zea mays* L.): challenges and solutions for less food waste and improved food security. *Food Energy Secur.* 00:e277.
- Beiragi, M.A., Khosarani, S.K., Shojaei, S.H., Dadresan, M., Mostafavi, K. and Golbashy, M. (2011). A study on effect of planting dates on Growth and Yield of 18 corn Hybrids (*Zea mays* L.). *American Journal of Experimental Agriculture*, 13: 110-120.
- Biberdžić, M., Stojiljković, J., Barać, S., Đikić, A., Prodanović, D., Lalević D., (2018). The influence of hybrids and sowing term on yield and dry down of corn grain. *Genetika*, 50 (3), 959–970. <https://doi.org/10.2298/GENSR1803959B>
- Boyer, C., and Shannon, J. (1983). The use of endosperm genes for sweet corn improvement. *Plant Breeding Reviews*, 139–161. <https://doi.org/10.1002/9781118060988.ch5>
- Brooking, I. R. (1990): Maize ear moisture during grain-filling, and its relation to physiological maturity and grain-drying. *Field Crops Res.* 23: 55–68.
- Brozović B, Jug I, Đurđević B, Ravlić M, Vukadinović V, Rojnica I, Jug D (2023). Initial weed and maize response to conservation tillage and liming in different agroecological conditions. *Agronomy* 13(4):1116. <https://doi.org/10.3390/agronomy13041116>
- Burhan, K. A. R. A., Ertek, A., and Bekir, A. T. A. R. (2016). Mineral nutrient content of sweet corn under deficit irrigation. *Journal of Agricultural Sciences*, 22(1), 5461. https://doi.org/10.1501/Tarimbil_0000001367
- Butts-Wilmsmeyer, C. J., Seebauer, J. R., Singleton, L., & Below, F. E. (2019). Weather during key growth stages explains grain quality and yield of maize. *Agronomy*, 9(1), 16.
- Chazarreta, Y.D., Amas, J.I., Otegui, M.E. (2021): Kernel filling and desiccation in temperate maize: breeding and environmental effects. *Field Crops Res.* 271,108243 <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2021.108243>.
- Cheabu S, Moun-Ngam P, Arikrit S, Vanavichit A, Malumpong C (2018). Effects of heat stress at vegetative and reproductive stages on spikelet fertility. *Rice Science*, 25:218-226. <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2018.06.005>
- Churchill G.A., Andrew R.H. (1984). Effects of Two Maize Endosperm Mutants on Kernel Maturity, Carbohydrates, and Germination. *Crop Science*, 24 (1): 76-81.
- Ćosić, M.; Stričević, R. Djurović, N. Lipovac, A. Bogdan, I. Pavlović, M. (2018). Effects of irrigation regime and application of kaolin on canopy temperatures of sweet pepper and tomato. *Sci. Hortic. (Amst.)*, 238, 23–31.
- Creech R.G. (1965). Genetic control of carbohydrate synthesis in maize endosperm. *Genetics*, 52: 1175-1186.
- Creech R.G. (1968). Carbohydrate synthesis in maize. *Adv. Agron.* 20: 275-322.
- Cvijanović, G., Udvardi, I., Stepić, V., Đurić, N., Cvijanović, V., Đukić, V., Dozet, G. (2018). Masa 1000 zrna i visina prinosa kukuruza gajenog u konvencionalnoj i organskoj proizvodnji. *Radovi sa XXXII savetovanja agronoma, veterinara, tehnologa i agroekonomista*, 2018. Vol. 24. br. 1-2.

- Dalović, I., Radojević, V., Mihailović, V., Vasiljević, S., Mitrović, B. (2021). Genotipski odgovor NS hibrida kukuruza na povećanu gustinu useva. Zbornik radova, XXVI Savetovanje o biotehnologiji, Čačak. DOI: 10.46793/SBT26.011DJ
- Datta, D., Chandra, S., Nath, C. P., Kar, G., Ghosh, S., Chaturvedi, S., Bhatnagar, A., Singh, G., Singh, V. (2022). Soil-plant water dynamics, yield, quality and profitability of spring sweet corn under variable irrigation scheduling, crop establishment and moisture conservation practices. *Field Crops Res.* 279, 108450. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2022.108450>
- Dekhane, S.S. and Dumbre, R.B. (2017). Influence of different sowing dates on plant growth and yield of hybrid sweet corns. *Adv. Res. J. Crop Improv.* 8 (2), 191–194. <https://doi.org/10.15740/HAS/ARJCI/8.2/191-194>.
- Dhaliwal, M.S.; Jat, G.S.; Singh, R. (2023). *Sweet Corn: Breeding, Production, and Nutritional Prospects*; Springer Nature: Berlin/Heidelberg, Germany.
- Dickerson G. (1996). Home and market garden sweet corn production. Preuzeto s: <https://pubs.nmsu.edu/h/H223.pdf>; 11.09.2025
- Dickert, T. E., and Tracy, W. F. (2001). Irrigation and Sugar in Sweet Corn. *Queensland Agricultural Journal*, 106, 218–230.
- Dodson-Swenson H. G. and Tracy W. F. (2015). Endosperm Carbohydrate Composition and Kernel Characteristics of (sh2-i/sh2-i Su1/Su1) and (sh2-i/sh2-i su1-r/su1-r) in Sweet Corn. *Crop Science*, 55(6): 2647.
- Dragičević, V., Dolijanović, Ž., Janošević, B., Brankov, M., Stojković, M. Dodevska, M.S., Simić, M. (2021). Enhanced Nutritional Quality of Sweet Maize Kernel in Response to Cover Crops and Bio-Fertilizer. *Agronomy*, 11, 981. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050981>
- Duvick, D. N. (2001). Biotechnology in the 1930s: the development of hybrid maize. *Nature Reviews Genetics*, 2(1), 69-74.
- Erdal, Ş., Mehmet, P., Osman, S, Mehmet, T. (2011). Evaluation of developed standard sweet corn (*Zea mays* var. *sacharata* L.) hybrids for fresh yield, yield components and quality parameters. *Turkish Journal of Field Crops*, 16(2), 153-156.
- Ertek, A., and Kara, B. U. R. H. A. N. (2013). Yield and quality of sweet corn under deficit irrigation. *Agricultural water management*, 129, 138-144. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2013.07.012>
- Eurostat (2023). *Crop production statistics*. Luxembourg: European Commission. Available at: <https://ec.europa.eu/eurostat>
- FAO (2021). Food and Agriculture Organization of the United Nations statistical database. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/TCL/visualize>
- Farsiani, A., Ghobadi, M. E. and Honarmand, S. J. (2011). Effect of water deficit and sowing date on yield component and seed sugar contents of sweet corn. *African Journal of Agriculture Research*, 6(26): 5769-5776.
- Filiz, E., Uras, M., Ozturk, N., Gungor, H., Ozyigit, I. (2024). Genetic diversity and phylogenetic analyses of Turkish sweet corn (*Zea mays* var. *saccharata*) varieties using ISSR markers and chloroplast trnL-F IGS region. *Not. Bot. Horti Agrobot. Cluj-Na.* 52 (2), 13551. <https://doi.org/10.15835/nbha52213551>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2023). *FAOSTAT statistical database*. Rome: FAO. Available at: <https://www.fao.org/faostat>
- Franco, A. A. N., Filho, P. S. V., Scapim, C. A., Okumura, R. S., Marques, O. J., & Numoto, A. Y. (2016). Effect of sowing time on the growth and yield of sweet corn (*Zea mays* L.) cultivated during fall-winter period in Subtropical climate. *Australian Journal of Crop Science*, 10(6), 831-841.

- Fujita, K.; El-Shemy, H.; Sakurail, N.; Sendo, S. (2001): Sugar metabolism in expanding husk leaf of flint corn (*Zea mays* L.) genotypes differing in husk leaf size. *Plant Nutr.* 2001, 92, 278–279. 65:416-423. <https://doi.org/10.17221/264/2019-PSE>
- Ganesan, K. N., Kumara. S., Senthil, N., and Kavithaman, D. (2017). Influence of quality traits on green cob yield in hybrids of sweet corn (*Zea mays* L. *saccharata*). *Electronic Journal of Plant Breeding*, 8(1), 385–389. <https://doi.org/10.5958/0975-928X.2017.00058.8>
- Gavrić, T., and Omerbegović, O. (2021). Effect of transplanting and direct sowing on productive properties and earliness of sweet corn. *Chilean journal of agricultural research*, 81(1), 39-45.
- Greveniotis, V., Zotis, S., Sioki, E., and Ipsilandis, C. (2019). Field population density effects on field yield and morphological characteristics of maize. *Agriculture*, 9(7), 160. <https://doi.org/10.3390/agriculture9070160>
- Hussain, N. (2022). Effect of establishment methods and planting dates on growth, yield and quality of sweet corn hybrids (*Zea mays* L. var *saccharata*) under temperate conditions. Doctoral dissertation, Sher-e-Kashmir University of Agricultural Sciences and Technology of Kashmir, Krishikosh. <https://krishikosh.egranth.ac.in/server/api/core/bitstreams/4fe0ff65-5197-442b-891b-e1d6ae4da1a0/content>
- Huțuliac, R., Precupeanu, C., Vasilachi, I. C., Cojocaru, A., Roșca, M., & Stoleru, V. (2024). Response of sweet corn varieties to plant density and tiller removal: preliminary studies. *Journal of Applied Life Sciences and Environment* ("Ion Ionescu de la Brad" Iași University of Life Sciences), 57(2):233-248. <https://repository.iuls.ro/items/303f1914-d4d0-4f4f-8aa8-9ef4f8f3bc00>
- ICUMSA (2009). The Determination of Reducing Sugars in Cane Raw Sugar by the Luff Schoorl Procedure—Official; Verlag Bartens Editor: Berlin, Germany. <https://sugarindustry.info/product/2109/>
- Illés, A., Szabó, A., Mohammad, S., Mousavi, N., Bojtor, C., Vad, A., Harsányi, E., Sinka, L. (2022). The influence of precision dripping irrigation system on the phenology and yield indices of sweet maize hybrids. *Water*, 14 (16), 2480. <https://doi.org/10.3390/w14162480>
- Imran, M., Hussain, M., Farooq, M. (2023). Improving sweet corn productivity through nutrient and irrigation management under climate variability. *Agron. Sustain. Dev.* 43, 15.
- Janošević, B. (2021). Agroekološki i agronomski značaj pokrovnih useva u održivom sistemu gajenih hibrida kukuruza specifičnih svojstava. Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet.
- Janošević, B., Dolijanović, Ž., Dragičević, V., Simić, M., Dodevska, M., Đorđević, S., Moravčević, Đ., Miodragović, R. (2017). Cover crop effects on the fate of N in sweet maize (*Zea mays* L. *saccharata* Sturt.) production in a semiarid region. *Intern. Journal of Plant Production*, 11(2): 285-294.
- Kara, B. (2011). Fresh ear yield and growing degree-days of sweet corn in different sowing dates in Southwestern Anatolia Region. *Turkish Journal of Field Crops*, 16(2): 166-171, <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tjfc/issue/17125/179103>
- Kara, B., Atar, B., and Gül, H. (2012). Effects of different sowing dates on protein, sugar and dry matter of sweet corn. *Research on Crops*, 13(2), 493-497.
- Karam, F., Breidy, J., Stephan, C., Rouphael, J. (2003). Evapotranspiration, yield and water use efficiency of drip irrigated corn in the Bekaa Valley of Lebanon. *Agric. Water Manag.* 63 (2), 125–137. [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(03\)00179-3](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(03)00179-3)

- Kashiani, P., Saleh, G., Osman, M., and Habibi, D. (2011). Sweet corn yield response to alternate furrow irrigation methods under different planting densities in a semi-arid climatic condition. *African Journal of Agricultural Research*, 6(4), 1032-1040.
- Kaya, Y., Tetik, N., Ceylan, A., Ciftci, V. (2019). Sowing date impact on sweet corn yield and quality under different climatic conditions. *J. Agron. Crop Sci.* 205, 387–396.
- Khan, Z. H., Khalil, S. K., Ali, F., Islam, B., Iqbal, A., Ullah, I., Ali, M., and Shah, F. (2018). Variations in planting dates of sweet corn affect its agronomic traits via altering crop microenvironment. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27, 4822-4829. https://www.academia.edu/download/57777146/FEB_27_7_july18.pdf
- Khan, Z. H., Khalil, S. K., Ikramullah, M. A., Iqbal, A., Islam, B., Ali, K., and Shah, F. (2019). Physical characteristics of cobs and kernels in sweet corn under varying planting environments. *Fresenius Environ. Bull*, 28, 6568-6573.
- Khanduri A., Hossain F., Lakhera P.C., Prasanna B.M. (2011). Effect of harvest time on kernel sugar concentration in sweet corn. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding* 71(3): 231-234.
- Kharazmshahi, H. A., Zahedi, H., Alipour, A. (2015). Effects of sowing date on yield and yield components in sweet maize (*Zea mays* L.) hybrids. *Biol. Forum Int. J.*, 7(2): 835-840.
- Kılınç, S., Atakul, Ş., Kahraman, Ş., Aktaş, H., Erdemci, İ., Gül, İ. (2023). The effect of sowing times on some yield and quality characteristics of sweet corn (*Zea mays* L. *saccharata* Sturt.) varieties. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 26 (2), 282–292. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1049530>
- Kinoshita, K., Nomura, K. and Yoneda, K. (2003). Effects of Tiller-keeping and Environmental Factors on Yield and Quality of Sweet Corn for Early Shipment. *Environment Control in Biology*, 41(3), 257-264.
- Kula, N., Karadoğan, T. (2017). Determination of Suitable Planting Dates of Sweet Corn (*Zea mays* var. *saccharata* Sturt.) Cultivars Grown Under Greenhouse Conditions. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12(1):39-48, <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/521010>
- Lalević, D. N., Biberdžić, M. O., Ilić, Z. S., Milenković, L. R., and Stojiljković, J. V. (2019). Productivity and quality of grains of tritikale varieties at various quantities of mineral nutrition. *Journal of Agricultural Sciences*, 64(4), 341–352. <https://doi.org/10.2298/JAS1904341L>
- Ledenčan T., Sudar R., Šimić D., Zdunić Z., Brkić A. (2008). Effects of the agroecological factors on sweet corn quality. *Cereal Research Communications* 36, 5 (3): 1411-1414
- Lertrat, K. and Pulam, T. (2007). Breeding for increased sweetness in sweet corn. *Int J Plant Breed*, 1(1):27-30.
- Li, W. U., Zhang, X., Ashraf, U., Mo, Z., Suo, H., and Li, G. (2017). Dynamics of seed germination, seedling growth and physiological responses of sweet corn under peg-induced water stress. *Pak. J. Bot*, 49(2), 639-646.
- Lipovac, A., Bezdan, A., Moravčević, D., Djurović, N., Ćosić, M., Benka, P., & Stričević, R. (2022). Correlation between Ground Measurements and UAV Sensed Vegetation Indices for Yield Prediction of Common Bean Grown under Different Irrigation Treatments and Sowing Periods. *Water*, 14(22), 3786. <https://doi.org/10.3390/w14223786>
- Liu, W., Liu, G., Yang, Y., Guo, X., Ming, B., Xie, R., Liu, Y., Wang, K., Hou, P., and Li, S. (2021). Spatial variation of maize height morphological traits for the same cultivars at a large agroecological scale. *European Journal of Agronomy*, 130, 126349. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126349>

- Luchsinger, L.A. and Camilo, F.F. (2008). Sweet corn cultivars and their behaviour with different sowing dates in the 6th Region of Chile. *IDESIA*, 26(2): 4552.
- Mandic, V., Bijelic, Z., Krnjaja, V., Tomic, Z., Stanojkovic-Sebic, A., Stanojkovic, A., and Caro-Petrovic, V. (2016). The effect of crop density on maize grain yield. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 32(1), 83–90. <https://doi.org/10.2298/bah1601083m>
- Mariotti, F., Tomé, D., Mirand, P.P. (2008). Converting nitrogen into protein--beyond 6.25 and Jones' factors. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(2), 177–184. <https://doi.org/10.1080/10408390701279749>
- Marshall S. W. and Tracy W. F. (2003). Sweet corn. In Corn: Chemistry and technology (PJ White, LA Johnson, eds), St. Paul, MN: *American Association of Cereal Chemists*: 537-569.
- Masarirambi, M.T., Oseni, T.O., Shongwe, V.D., Manyatsi, A.M. (2012). Sweet corn growth response to planting dates under subtropical conditions. *Int. J. Agric. Biol.* 14, 65–70.
- Matejić V., Moravčević Đ., Šević B., Stojiljković J., and Tupajić, I. (2024). Sugar content in sweet corn grain in different cultivation methods. In Proceeding of the National scientific-expert meeting with international participation „*Biotechnology and modern approach in growing and breeding plants*“ (pp. 30–33). Institute for Vegetable Crops Smedervska Palanka, Smederevska Palanka, Serbia
- Mehta, B. K., Hossain, F., Muthusamy, V. I. G. N. E. S. H., Zunjare, R. U., Sekhar, J. C., and Gupta, H. S. (2017a). Analysis of responses of novel double mutant (sh2sh2/su1su1) sweet corn hybrids for kernel sweetness under different sowing-and harvest-time. *Indian J Agric Sci*, 87(11), 1543-1548.
- Mehta, B. K., Hossain, F., Muthusamy, V., Zunjare, R. U., Sekhar, J. C., Gupta, H. S. (2017b). Analyzing the role of sowing and harvest time as factors for selecting super sweet (-sh2sh2) corn hybrids. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 77(03), 348-356. <https://doi.org/10.31742/ijgpb.v77i03.3>
- Mishra U., Tyagi S., Gadag R., Elayaraja K., Pathak, H. (2016). Analysis of water soluble and insoluble polysaccharides in kernels of different corns (*Zea mays* L.). *Current Science* 9: 1522-1524.
- Moravčević, Đ., Zarić, V., Ćosić, M., Pavlović, N., Savić, S., Ugrinović, M., Marjanović, M. (2021). Povrtarstvo Srbije - Izazovi i mogućnosti. *Biotehnologija i savremeni pristup u gajenju i oplemenjivanju bilja*. Zbornik radova, Smederevska Palanka.
- Moravčević, Đ. (2026). POVRTARSTVO - Dobre poljoprivredne prakse u svetlu klimatskih promena. FAO, 87. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cd8240rs>
- Moteva, M., Gadjalska, N., Kancheva, V., Tashev, T., Georgieva, V., Koleva, N. and Petrova-Brahicheva, V. (2016). Irrigation scheduling and the impact of irrigation on the yield and yield components of sweet corn. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, 59.
- Mottaghi, M. and Yazdanpanah, A. (2025). Response of super sweet corn cultivars to planting date for traits related to grain and ear yields and industrial processing. *Plant Productions*, 48(2), 247-263. doi: 10.22055/ppd.2025.48288.2226
- Muslimah, Y., Lizmah, S. F., and Harahap, E. J. (2023). Effect of Drip Irrigation and Genotypes on the Production Traits of Sweet Corn (*Zea mays saccharata* Sturt). *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, 55 (3), 984-991.
- Nastić, L., Todorović, S., and Ivanović, S. (2022). Economic performance of specialized field crops farms producing sweet corn. *Ekonomika*, 68(4), 15-27. <https://doi.org/10.5937/ekonomika2204015N>

- Nemeskéri, E., Molnár, K., Rácz, C., Dobos, A. C., and Helyes, L. (2019). Effect of water supply on spectral traits and their relationship with the productivity of sweet corns. *Agronomy*, 9(2), 63.
- Nikolić, V. V., Simić, M. Z., Žilić, S. M., Kravić, N. B., Vančetović, J. P., Sečanski, M. D. and Vasić, M. G. (2023). Nutritional composition and bioactive properties of wholewheat flour obtained from inbred corn lines. *Food and Feed Research*, 50(1), 1–11. <https://doi.org/10.5937/ffr0-41894>
- Öktem, A., Öktem, A.G., Coşkun, Y. (2004). Determination of Planting Dates of Sweet corn (*Zea mays* L. *saccharata* Sturt) under sanlirfa condition. *Turk. J. Agric.* 28 (2), 83–91.
- Öktem, A. and Öktem, A.G. (2006). Determination of Yield Characteristics of Some Sweet Corn (*Zea mays* L. *saccharata* Sturt) Genotypes Under Harran Plain Conditions. *Uşdağ Üniv. Zir. Fak. Derg.*, 20(1): 33-46, <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/154048>
- Oktem, A., Simsek, M. and Oktem, A. G. (2003). Deficit irrigation effects on sweet corn (*Zea mays* var. *saccharata* Sturt) with drip irrigation system in a semi-arid region: I. Water-yield relationship. *Agricultural water management*, 61(1), 63-74. [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(02\)00161-0](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(02)00161-0)
- Pajić, Z. and Srdić, J. (2007). Breeding of maize for special purposes and the industrial use. In: Science as sustainable development. (Eds.) Maize Research Institute „Zemun Polje”, Belgrade, Serbia, 25-43.
- Partali, E., Oltenacu, C.V., Petcu, V. (2021). The influence of sowing date and plant density on maize yield and quality in the context of climate change in southern Romania. *Scientific Papers, Series A, Agronomy* LXIV(1):508-514. https://agronomyjournal.usamv.ro/pdf/2021/issue_1/Art67.pdf
- Prasanna, B.M., Cairns, J.E., Zhang, X., Xu, Y. (2022). Breeding maize and sweet corn for resilience to variable planting dates and climate extremes. *Plant J.* 110, 60–72.
- Rahmani, A. F., Khavari Khorasani, S., Malekzadeh-Shafaroudi, S. and Shahriari Ahmadi, F. (2023). Tillering potential, yield, and yield components in super-sweet maize: gene action, combining ability, and heterosis analysis (*Zea mays* L. var *saccharata*). *Agrotechniques in Industrial Crops*, 3(4), 200-210.
- Rahmani, A., Alhossini, M. and Khorasani, S. (2016). Effect of Planting Date and Plant Densities on Yield and Yield Components of Sweet Corn (*Zea mays* L. var *saccharata*). *American Journal of Experimental Agriculture*, 10(2), 1–9. <https://doi.org/10.9734/AJEA/2016/19592>
- Rajičić V., Stojiljković J., Đurić N., Tupajić I., Šević B., Perišić V., Terzić D. (2024). Influence of year and soil type on the yield of different maize hybrids. *Acta agriculturae Serbica*. vol. 29 br. 58 str. 75-83. doi: [10.5937/AASer2458075R](https://doi.org/10.5937/AASer2458075R)
- Rajičić V., Stojiljković J., Popović, V., Biberdžić, M., Terzić, D., Luković, K., Matković Stojšin, M., Đurić, N. (2025). Influence of Genotype, Climatic Factors and Sowing Time on Maize Yield and Water Release Rate. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 53 (1), 13770. DOI:[10.15835/nbha53113770](https://doi.org/10.15835/nbha53113770)
- Rajičić, V., Popović, V., Đurić, N., Biberdžić, M., Babić, V., Stojiljković, J., Grubišić, M., Terzić, D. (2023). Impact of agro-ecological conditions and fertilization on yield and quality of triticale on pseudogley soil. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 51(4), 13387. <https://doi.org/10.15835/nbha51413387>
- Rattin, J., Molinari, J., Giardina, E., Di Benedetto, A. (2018). Tools for improving sweet corn yield. *Int. J. Adv. Agric. Sci.* 3 (10), 1–14. ISSN: 2456-7515.
- Republički zavod za statistiku Republike Srbije - RZS (2023). Statistički godišnjak Republike Srbije 2023. Beograd: RZS.

- Revilla, P., Butrón, A., Malvar, R.A., Ordás, B. (2018). Sweet corn: From field to table. In *Corn: Chemistry and Technology*; AACC International: St. Paul, MN, USA; pp. 565–587.
- Rivera-Hernández, B., Carrillo-Ávila, E., Obrador-Olán, J. J., Juárez-López, J. F., and Aceves-Navarro, L. A. (2010). Morphological quality of sweet corn (*Zea mays* L.) ears as response to soil moisture tension and phosphate fertilization in Campeche, Mexico. *Agricultural water management*, 97(9), 1365-1374. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2010.04.001>
- Rosa, R. (2014). Response of sweet corn cultivated in eastern Poland to different sowing dates and covering with non-woven pp. part II. ear quality trait. *Acta Sci Pol Agricultura* 13 (4): 113-126.
- Rotili, D.H., Sadras, V.O., Abeledo, L.G., Ferreyra, J.M., Micheloud, J.R., Duarte, G., Girón, P., Ermácora, M. and Maddonni, G.A. (2021). Impacts of vegetative and reproductive plasticity associated with tillering in maize crops in low-yielding environments: A physiological framework. *Field Crops Research*, 265, 108107.
- Sangoi, L., Gracietti, M. A., Rampazzo, C., Bianchetti, P. (2002). Response of Brazilian maize hybrids from different eras to changes in plant density. *Field Crops Research*, 79(1), 39-51.
- Šević, B., Dolijanović, Ž., Bajagić, M., Cvikić, D., Tupajić, I., Stojiljković, J. and Đurić, N. (2024). Sustainable production system and the importance of cover crops. In *Proceeding of the 7th International Scientific Conference Village and Agriculture* (pp. 184–195). Bijeljina University, Bijeljina, Republic of Srpska, BandH, Požarevac, Serbia.
- Šević, B., Dolijanović, Ž., Bajagić, M., Rajčić, V., Tupajić, I., Cvijanović, V., Stojiljković, J. (2025). Cover Crops as a Tool for Improving the Nutritional Properties and Antioxidant Activity of Kernel Sweet Corn. *Rom. Agric. Res.* 42, 883–894. <https://doi.org/10.59665/rar4275>
- Shao, R., Jia, S., Tang, Y., Zhang, J., Li, H., Li, L., Chen, J., Guo, J., Wang, H., Yang, Q., Wang, Y., Liu, T., Zhao, X. (2021). Soil water deficit suppresses development of maize ear by altering metabolism and photosynthesis. *Environmental and Experimental Botany* 192:104651. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2021.104651>
- Sheikh, T. A. and Dar, Z. A. (2017). Phenology, growth and quality of sweet corn (*Zea mays saccharata* L.) as influenced by sowing dates and plant spacing. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(8), 468-47.
- Shengqun, L. I. U., Shengqin, L. I. U., Yue, M. A., Yuze, L. I. U., Zheng, L. I. and Shulian, J. I. A. N. (2023). Dehydration characteristics of spring maize husk leaves in eastern Jilin Province. *Soils and Crops*, 12(3), 283-292.
- Shibzukhov, Z., Kishev, A., Shibzukhova, Z., Eziev M. and Akbar, I. (2021). Sowing time influence on the sweet corn productivity in the mountainous ecologically clean zone of Kabardino-Balkaria. *E3S Web of Conferences* 262, 03024. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126203024>
- Sidahmed, H.M.I, Illes, A., Almahi, A., Nagy, J. (2024). Performance of agricultural factors on yield of sweet corn (*Zea mays* L. *saccharata*) – A review. *Acta Agr. Debrec.* 1, 143–156. <https://doi.org/10.34101/actaagrar/1/12830>
- Singh MV, Kadam SB, Chavan PG, Patil PV. (2025). Impact of different sowing dates on growth and yield of sweet corn (*Zea mays* L. *saccharata*) cultivars. *Int J Res Agron*; 8(7): 1833-1836. DOI: 10.33545/2618060X.2025.v8.i7w.3457
- Soare, R., Dinu, M., Hoza, G., Bonea, D., Babeanu, C. and Soare, M. (2019). The influence of the hybrid and the sowing period on the production of sweet corn. *Scientific*

- Papers. Series B. Horticulture, 63(1).
https://horticulturejournal.usamv.ro/pdf/2019/issue_1/Art57.pdf
- Špoljarić - Marković, S. (2021). Chemical composition of su1 and sh2 hybrids of sweet corn at various stages of kernel development. Doctoral thesis, University of Zagreb, Faculty of Agriculture. Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb.
<https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:665417>
- Srdić, J., Milašinović-Šeremešić, M., Babić, V., Kravić, N., Gošić-Dondo, S. (2019). Evaluation of agronomic and sensory characteristics of sweet corn hybrids. *Selekcija i semenarstvo*, 25(2), 17–22.
- Srdić, J., Pajić, Z., and Filipović, M. (2016). Sweet corn (*Zea mays* L.) fresh ear yield in dependence of genotype and the environment. *Selekcija i semenarstvo*, 22(1), 27–33.
<https://doi.org/10.5937/SelSem1601027S>
- Stojiljković, J. (2022). Uticaj gustine i roka setve na neke morfološko-produktivne osobine i brzinu otpuštanja vode iz zrna kod različitih hibrida kukuruza (*Zea mays* L.). *Doktorska disertacija*, Univerzitet Megatrend, Beograd. ISSN: 1735-6814 (Print), 1735-8043 (Online).
- Stojiljković, J., Rajičić, V., Biberdžić, M., Terzić, D., Luković, K., Tupajić, I., Šević, B. and Đurić, N. (2025b). Interaction between climatic conditions and sowing density on yield performance of maize genotypes. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 53(3), 14594. <https://doi.org/10.15835/nbha533145>
- Stojiljković, J., Rajičić, V., Šević, B., Tupajić, I., Cvikić, D., Jovanović, D., Biberdžić, M. (2025a). Influences of sowing date and climate conditions on the phenological phases of different maize hybrids. *J. Agric. Sci.* 70 (2), 129–144.
<https://doi.org/10.2298/JAS2502129S>
- Subaedah St., Edy, E., Mariana, K. (2021). Growth, Yield, and Sugar Content of Different Varieties of Sweet Corn and Harvest Time. *International Journal of Agronomy*.
<https://doi.org/10.1155/2021/8882140>
- Subaedah, S., Numba, S. and Saida (2018). Growth and yield performance of candidates hybrid maize genotypes for cobly harvest trait in dry land, *Indonesian Journal of Agronomy*. 46, 169–174.
- Subaedah, S. and Aladin, A. (2016). Fertilization of nitrogen, phosphor and application of green manure of *Crotalaria juncea* in increasing yield of maize in marginal dry land. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 9, 20-25.
- Swarts, K. and Buckler, E.S. (2021). Evolution and future of sweet corn breeding. *Annu. Rev. Plant Biol.* 2021, 72, 469–491.
- Sweeney, D. W., Kirkham, M. B. and Marr, C. W. (2016). Limited Irrigation for Sweet Corn Planted at Different Dates on Claypan Soil. *Crop, Forage and Turfgrass Management*, 2(1), 1-8. <https://doi.org/10.2134/cftm2015.0216>
- Szymanek, M., Dobrzański J.R., B., Niedziółka, I. and Rybczyński, R. (2005). Sweet corn: harvest and technology physical properties and quality. B. Dobrzański Institute of Agrophysics Polish Academy of Sciences.
- Szymanek, M., Tanasa, W., Kassarb, F.M. (2015). Kernel carbohydrates concentration in sugary-1, sugary enhanced and shrunken sweet corn kernels. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 7, 260-264.
- Tabaković, M., Dragičević, V., Simic, M., Brankov, M., Štrbanović, R., Knežević, J. and Oro, V. (2022). Importance of sowing date optimization for morphological properties and grain yield of maize inbred lines. *Agroknowledge Journal*, 23(3), 121-131.
- Tabaković, M., Peric, V., Dragicevic, V., Simic, M., Stanisavljević, R., Poštić, D. and Oro, V. (2022). Conjunctive effect of environment and genotype in maize seed production.

- In 13. International scientific agriculture symposium AGROSYM 2022, Book of proceedings. Banja Luka: Narodna i Univerzitetska biblioteka Republike Srpske.
- Tracy W. F., Whitt S. R., Buckler, E. S. (2006). Recurrent mutation and genome evolution: example of sugary1 and the origin of sweet maize. *Crop Sci.* 46: 1.
- Tracy W.F. (2001). Sweet corn In: Specialty corns, 2nd edition, A.R. Hallauer, ed. CRC Press, Boca Raton: 155-198.
- Tracy, W.F. (2019). Sweet corn. In *Corn: Origin, History, Technology, and Production*; Wiley: Hoboken, NJ, USA; pp. 377–397.
- Trajković, J., Mirić, M., Baras, J., Šiler, S. (1983). Analize životnih namirnica, Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu.
- Tuncay, Ö.M., Bozokalfa, K. ve Eşiyok, D. (2005). Determination of Ear Characteristic and Technological Properties of Some Sweet Corn (*Zea mays* L. var. *saccharata*) Varieties as Main and Second Crop. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 2005, 42(1):47-58, ISSN 1018-8851, <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/59143>
- Tupajić, I., Moravčević, Đ., Ćosić, M., Šević, B., Stojiljković, J., Stevanović, D. and Sudimac, M. (2024a). Influence of sowing time and irrigation on production characteristics of sweet corn. In *Proceeding of the ASMAC International Congress on Multidisciplinary Approaches in Agricultural Sciences* (pp. 83).
- Tupajić, I., Moravčević, Đ., Ćosić, M., Stojiljković, J., Stevanović, D., Sudimac, M. and Šević, B. (2024b). Effect of sowing date and irrigation norms on yield components of different sweet corn hybrids. *Selekcija i semenarstvo*, 30 (2), 39-46.
- Tupajić, I., Moravčević, Đ., Matejić, V., Šević, B., Ćosić, M., Ugrinović, M. and Stojiljković, J. (2026). Sweet Corn Yield and Sugar Content Depending on Genotype, Sowing Date and Irrigation (Ankara: Field Crops Central Research Institute). *Turkish Journal of Field Crops*, 31(1). <https://doi.org/10.17557/tjfc.1633490>
- Ugur, A., Maden, H.A. (2015). Sowing and planting period on yield and ear quality of sweet corn (*Zea mays* L. var. *saccharata*). *Ciênc. Agrotec. Lavras* 39 (1): 48-57.
- Urošević, D., Knežević, D., Đurić, N., Matković-Stojšin, M., Kandić, V., Mićanović, D., Stojiljković, J. and Zečević, V. (2023). Assessing the potential of old and modern Serbian wheat genotypes: Yield components and nutritional profiles in a comprehensive study. *Agronomy*, 13(9), 2426. <https://doi.org/10.3390/agronomy13092426>
- USDA-NASS (2024). *Vegetables Annual Summary*. Available at: <https://www.nass.usda.gov>
- Videnović, J., Pajić, Z., Radosavljević, M., Erić, U. (2003). Promena ugljenohidradnog sastava zrna kukuruza šećerca (*Zea mays* L. *saccharata*) tokom razvoja endosperma. *Arh. poljopr. nauke* 64, 225-226 (2003/1-2): 15-20.
- Yang, B., Wu, S., Yan, Z. (2022). Effects of Climate Change on Corn Yields: Spatiotemporal Evidence from Geographically and Temporally Weighted Regression Model. *ISPRS International Journal of Geo-Information* 2022, 11(8), 433-454. <https://doi.org/10.3390/ijgi11080433>
- Yasin, M., Ahmad, A., Khaliq, T., Habib-ur-Rahman, M., Niaz, T., Gaiser, T., Ghafoor, I., Hassan, H., Qasim, M., Hoogenboom, G. (2022). Climate change impact uncertainty assessment and adaptations for sustainable maize production using multi-crop and climate models. *Environmental Science and Pollution Research* 29: 18967-18988. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17050-z>
- Zabih, U., Rahman, H. and Muhammad, N. (2017). Evaluation of maize hybrids for maturity and related traits. *Sarhad Journal of Agriculture*. 33, 624–629.

- Zarei, M, Sinaki, J.M, Rahbari, A., Abaspour, H. (2013). Effects of planting date and salicylic acid on physiological traits of forage maize hybrids. *Iran J Plant Physiol.*; 3(2): 687-693.
- Zhan, X., Kong, F., Liu, Q., Lan, T., Liu, Y., Xu, J., Ou, Q., Chen, L., Kessel, G., Kempenaar, C. and Yuan, J. (2022). Maize basal internode development significantly affects stalk lodging resistance. *Field Crops Research*, 286, 108611.
- Zhang, H., Li, Y., Ruan, X., Wang, F. (2024). Future perspectives on sowing date optimization for sweet corn under climate change. *Field Crops Res.* 298, 109002.
- Zhou, T., Wang, L., Li, S., Gao, Y., Du, Y., Zhao, L. (2019). Interactions between light intensity and phosphorus nutrition affect the uptake capacity of maize and soybean seedling in a low light intensity area. *Front. Plant Sci.* 10. doi: [10.3389/fpls.2019.00183](https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00183)
- Žnidarcic, D. (2012). Performance and characterization of five sweet corn cultivars as influenced by soil properties. *J Food Agric Environ* 10 (1): 495-500.

10. PRILOZI

Tabela 1. Prosečne vrednosti morfoloških osobina za ispitivane hibride kukuruza šećerca za trogodišnji period istraživanja (2021-2023.)

Faktor										
Navodnjavanje	Rok setve	Hibrid	Visina biljke (cm)	Visina biljke do 1. klipa (cm)	Ukupan broj listova	Broj listova do 1. klipa	Broj klipova	Visina zaperka (cm)	Broj zaperaka	Ukupan broj listova na zapercima
1	1	1	159,30	61,15	10,40	3,65	1,13	18,25	0,95	3,30
		2	158,65	46,63	10,53	3,05	1,38	21,50	0,85	4,10
		3	86,58	17,43	7,53	1,70	0,88	13,38	1,50	3,93
	Prosek		134,84	41,73	9,48	2,80	1,13	17,71	1,10	3,78
	2	1	168,83	43,50	11,18	3,78	1,70	4,88	0,20	1,28
		2	165,40	46,25	10,48	3,30	1,50	1,50	0,05	0,20
		3	87,65	15,63	6,98	1,70	1,25	1,25	0,15	0,25
	Prosek		140,63	35,13	9,54	2,93	1,48	2,54	0,13	0,58
	2	1	1	184,53	61,88	11,30	3,90	1,23	28,38	0,75
2			181,63	68,63	11,28	3,75	1,40	39,38	1,10	7,05
3			128,33	34,50	7,85	2,70	1,43	23,50	1,45	5,10
Prosek		164,83	55,00	10,14	3,45	1,35	30,42	1,10	5,32	
2		1	230,45	68,25	11,43	3,45	1,53	52,00	2,05	10,93
		2	215,40	68,88	11,65	3,75	1,55	27,25	1,05	5,45
		3	157,13	33,88	7,70	2,35	1,13	18,88	1,60	5,00
Prosek		200,99	57,00	10,26	3,18	1,40	32,71	1,57	7,13	
3		1	1	209,88	78,50	11,08	3,88	1,33	34,75	1,10
	2		187,75	66,25	11,75	3,98	1,48	22,88	0,95	4,08
	3		148,60	38,00	7,90	2,88	1,48	19,25	2,05	6,50
	Prosek		182,08	60,92	10,24	3,58	1,43	25,63	1,37	5,55
	2	1	232,13	70,00	11,33	3,53	1,43	62,75	2,30	11,63
		2	231,00	73,38	11,80	3,95	1,35	11,50	0,10	1,70
		3	148,33	35,75	8,38	2,58	1,38	25,00	1,50	5,75
	Prosek		203,82	59,71	10,50	3,35	1,38	33,08	1,30	6,36
	Prosek/Prosek		171,20	51,58	10,03	3,21	1,36	23,68	1,09	4,78

Legenda: Navodnjavanje: 1 - Kontrola (prirodni režim vlaženja); 2 - Redukovana norma – 50% od pune norme navodnjavanja; 3 - Puna norma navodnjavanja. Rok setve: 1 – Redovan rok (kraj aprila-početak maja); 2 – Postrni rok (početak jula). Hibrid: 1 – Enterprise F₁; 2 – Union F₁; 3 – Sweet Nugget F₁.

Tabela 2. Prosečne vrednosti produktivnih osobina za ispitivane hibride kukuruza šećerca za trogodišnji period istraživanja (2021-2023.)

Faktor											
Navodnjavanje	Rok setve	Hibrid	Broj ovojnih listova	Dužina klipa (cm)	Preč. klipa (cm)	Broj red. zrna	Dub. zrna (cm)	Uk. masa klipa (g)	Masa zrna (g)	Masa kočana (g)	Randman (%)
1	1	1	17,18	20,82	4,45	17,90	1,00	256,15	161,58	90,93	61,24
		2	16,08	20,36	4,45	17,55	0,98	226,08	132,98	91,28	57,93
		3	12,33	19,01	4,15	12,90	0,89	174,08	96,88	74,23	54,54
	Prosek		15,19	20,06	4,35	16,12	0,95	218,77	130,48	85,48	57,90
	2	1	13,93	19,26	4,71	16,30	1,07	237,05	153,73	81,83	62,90
		2	14,73	18,14	4,71	16,15	1,08	215,45	143,98	69,73	65,41
		3	11,28	19,33	4,32	12,75	0,96	189,80	116,53	70,60	59,98
	Prosek		13,31	18,91	4,58	15,07	1,04	214,10	138,08	74,05	62,76
	3	1	17,50	22,82	4,89	18,15	1,13	333,08	220,28	111,70	65,12
		2	15,05	20,44	4,67	16,43	1,01	255,75	158,88	92,43	61,53
		3	12,80	20,21	4,35	13,00	0,91	217,10	131,43	83,40	60,12
2	Prosek		15,12	21,16	4,64	15,86	1,02	268,64	170,19	95,84	62,26
	1	1	18,40	22,11	5,19	17,80	1,22	350,73	247,45	101,35	70,26
		2	17,63	20,04	5,10	17,80	1,18	288,60	194,95	92,28	66,79
		3	12,83	20,66	4,71	12,50	1,09	230,45	142,28	86,03	61,25
	Prosek		16,28	20,93	5,00	16,03	1,16	289,93	194,89	93,22	66,10
	2	1	17,60	22,46	4,87	18,00	1,07	316,88	210,05	105,48	65,00
		2	16,05	20,74	4,89	17,45	1,05	279,13	174,53	102,35	62,14
		3	12,50	20,45	4,22	12,75	0,89	204,00	119,98	83,10	57,33
	Prosek		15,38	21,22	4,66	16,07	1,00	266,67	168,18	96,98	61,49
	3	1	18,35	22,03	5,20	19,00	1,24	351,95	240,03	107,10	67,90
		2	19,33	20,90	5,22	18,25	1,22	316,28	218,43	99,15	69,35
		3	12,68	20,44	4,62	12,85	1,08	220,58	132,40	86,15	59,78
3	Prosek		16,78	21,12	5,01	16,70	1,18	296,27	196,95	97,47	65,68
	Prosek/Prosek		15,34	20,57	4,71	15,97	1,06	259,06	166,46	90,50	62,70

Legenda: Navodnjavanje: 1 - Kontrola (prirodni režim vlaženja); 2 - Redukovana norma – 50% od pune norme navodnjavanja; 3 - Puna norma navodnjavanja. Rok setve: 1 – Redovan rok (kraj aprila-početak maja); 2 – Postrni rok (početak jula). Hibrid: 1 – Enterprise F₁; 2 – Union F₁; 3 – Sweet Nugget F₁.

Tabela 3. Prosečne vrednosti sadržaja ukupnih šećera (%), saharoze (%) i ukupnih proteina (%)

Faktor			Ukupni šećeri (%)	Saharoza (%)	Ukupni proteini (%)
Navodnjavanje	Rok setve	Hibrid			
1	1	1	12,92±0,17	6,69±0,08	3,75±0,03
		2	10,90±0,17	3,11±0,14	3,96±0,05
		3	40,05±0,51	24,46±0,32	3,75±0,11
	2	1	15,82 ± 0,18	5,40 ± 0,23	3,04±0,13
		2	11,78±0,15	8,17±0,19	3,44±0,09
		3	37,14±0,42	24,67±0,49	3,85±0,07
2	1	1	7,88±0,16	5,30±0,07	3,64±0,14
		2	7,18±0,16	2,97±0,07	3,78±0,17
		3	20,89±0,21	8,52±0,30	4,04±0,13
	2	1	14,21 ± 0,19	7,83 ± 0,27	3,54±0,07
		2	11,72±0,16	7,70±0,20	3,70±0,04
		3	37,84±0,43	28,39±0,59	3,52±0,16
3	1	1	9,18±0,16	5,74±0,08	3,74±0,04
		2	7,10±0,18	2,91±0,08	4,38±0,03
		3	22,24±0,20	7,42±0,09	3,71±0,12
	2	1	16,13 ± 0,28	3,88 ± 0,05	4,20±0,03
		2	7,96±0,13	5,35±0,06	3,59±0,09
		3	27,43±0,39	22,99±0,83	3,49±0,21

Legenda: Navodnjavanje: 1 - Kontrola (prirodni režim vlaženja); 2 - Redukovana norma – 50% od pune norme navodnjavanja; 3 - Puna norma navodnjavanja. Rok setve: 1 – Redovan rok (kraj aprila-početak maja); 2 – Postrni rok (početak jula). Hibrid: 1 – Enterprise F₁; 2 – Union F₁; 3 – Sweet Nugget F₁.

Fotografije sa oglada



Slika 1. Otvaranje pedološkog profila zemljišta (Autorska slika)



Slika 2. Pedološki profil zemljišta (Autorska slika)



Slika 3. Zasnivanje oglednog polja (Autorska slika)



Slika 4. Ogledno polje (Autorska slika)



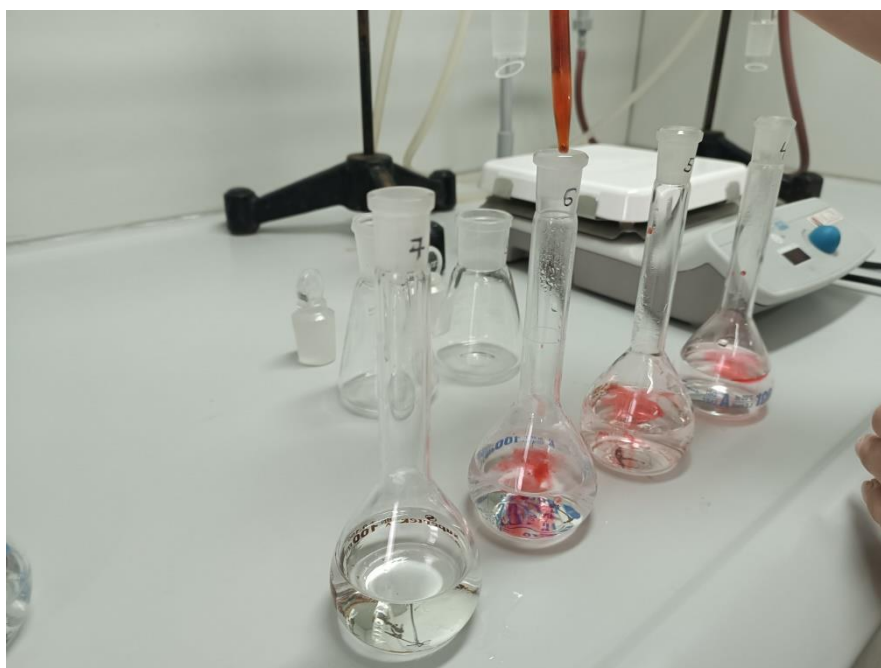
Slika 5. Analiza klipova (Autorska slika)



Slika 6. Analiza zrna kukuruza šećerca (Autorska slika)



Slika 7. Priprema uzorka za hemijske analize (Autorska slika)



Slika 8. Hemijske analize (Autorska slika)

11. BIOGRAFIJA

Ivan (Dragan) Tupajić je rođen 28.05.1993. godine u Užicu, Republika Srbija. Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu, studijski program Biljna proizvodnja, modul Ratarstvo i povrtarstvo upisao je školske 2012/2013. godine. Studije je završio sa prosečnom ocenom 9,85. Diplomski rad je odbranio 2016. godine sa ocenom 10. Iste godine upisao je master akademske studije na Poljoprivrednom fakultetu Univerziteta u Beogradu, studijski program Poljoprivreda, modul Hortikultura. Tokom master studija, položio je sve ispite predviđene planom i programom i postigao prosečnu ocenu 9,71. Master rad pod naslovom „Mogućnosti primene agrouglja kao komponente u supstratu za proizvodnju cveća“ odbranio je 2018. godine sa ocenom 10. Doktorske akademske studije upisao je 2018. godine. Tokom doktorskih studija, položio je sve ispite predviđene nastavnim planom i programom. Odlukom Nastavno-naučnog veća Poljoprivrednog fakulteta, 27.03.2024. godine prihvaćena je tema doktorske disertacije pod naslovom „Uticaj navodnjavanja i roka setve na morfološke, proizvodne i hemijske karakteristike kukuruza šećerca“. Saglasnost na odluku o prihvatanju teme doktorske disertacije data je od strane Veća naučnih oblasti biotehničkih nauka Univerziteta u Beogradu, odlukom broj 61206-1248/2-24 od 09.04.2024. godine.

U zvanje istraživač-pripravnik izabran je 27.12.2023. godine, odlukom Naučnog veća Instituta za povrtarstvo Smederevska Palanka.

Od januara 2017. do kraja 2023. godine bio je zaposlen u kompaniji „Superior d.o.o.“ gde je radio na poslovima selekcije i oplemenjivanja kukuruza šećerca, paprike, krastavca i kupusa, proizvodnji semena i prometa na domaćem i međunarodnom tržištu.

Pohađao je obuku za mlade oplemenjivače biljaka, međunarodnog značaja, u organizaciji Instituta za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad pod nazivom „2nd Training Course Advancements in Plant Breeding, Trial Design and Analysis“. Učestvovao je na međunarodnoj konferenciji iz oblasti biljnih genetičkih resursa „Workshop for the establishment of a European Evaluation Network (EVA) on vegetables“, održanoj 2019. godine u Draču.

Od januara 2024. godine zaposlen je u Institutu za povrtarstvo Smederevska Palanka, kao istraživač pripravnik u Odeljenju za genetiku i oplemenjivanje povrća. Iste godine, odlukom Naučnog veća Instituta za povrtarstvo Smederevska Palanka broj 16/18 od 31.05.2024. izabran je u zvanje istraživač saradnik.

Tokom dosadašnjeg rada, učestvovao je na većem broju naučnih i stručnih skupova iz oblasti poljoprivrede i hrane kao stručni predavač. Kao autor ili koautor učestvovao je u stvaranju dva hibrida paprika i objavio je 66 naučnih radova u domaćim i međunarodnim časopisima, od čega je 6 na SCI listi.

Izjava o autorstvu

Ime i prezime autora: **Ivan Tupajić**

Broj indeksa: **RA180022**

IZJAVLJUJEM

da je doktorska disertacija pod naslovom:

**„UTICAJ NAVODNJAVANJA I ROKA SETVE NA MORFOLOŠKE, PROIZVODNE
I HEMIJSKE KARAKTERISTIKE KUKURUZA ŠEĆERCA “**

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

U Beogradu, _____

Potpis autora:

Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada

Ime i prezime autora: **Ivan Tupajić**

Broj indeksa: **RA180022**

Studijski program: **Ratarstvo i povrtarstvo**

Naslov rada: „**Uticaj navodnjavanja i roka setve na morfološke, proizvodne i hemijske karakteristike kukuruza šećerca**“

Mentori:

1. **dr Đorđe Moravčević, redovni profesor**, Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu
2. **dr Marija Ćosić, redovni profesor**, Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu

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

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

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

U Beogradu, _____

Potpis autora:

Izjava o korišćenju

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

„Uticaj navodnjavanja i roka setve na morfološke, proizvodne i hemijske karakteristike kukuruza šećerca“

koja je moje autorsko delo.

Disertaciju sa svim prilogima predao sam u elektronskom formatu pogodnom za trajno arhiviranje.

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

1. Autorstvo (CC BY)
2. Autorstvo – nekomercijalno (CC BY-NC)
- ③ 3. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerada (CC BY-NC-ND)
4. Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima (CC BY-NC-SA)
5. Autorstvo – bez prerada (CC BY-ND)
6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima (CC BY-SA)

U Beogradu, _____

Potpis autora:

1. **Autorstvo.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence, čak i u komercijalne svrhe. Ovo je najslobodnija od svih licenci.
2. **Autorstvo – nekomercijalno.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.
- ③ **Autorstvo – nekomercijalno – bez prerada.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela. U odnosu na sve ostale licence, ovom licencom se ograničava najveći obim prava korišćenja dela.
4. **Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada.
5. **Autorstvo – bez prerada.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.
6. **Autorstvo – deliti pod istim uslovima.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada. Slična je softverskim licencama, odnosno licencama otvorenog koda.