



Sveučilište u Zagrebu  
Agronomski fakultet

University of Zagreb  
Faculty of Agriculture



# **VARIJABILNOST NUTRITIVNOG SASTAVA DOMAĆIH POPULACIJA KUKURUZA**

**DIPLOMSKI RAD**

Marina Zeko

Zagreb, rujan, 2021.



Sveučilište u Zagrebu  
Agronomski fakultet

University of Zagreb  
Faculty of Agriculture



# **VARIJABILNOST NUTRITIVNOG SASTAVA DOMAĆIH POPULACIJA KUKURUZA**

DIPLOMSKI RAD

Marina Zeko

Mentor:

prof. dr. sc. Hrvoje Šarčević

Zagreb, rujan, 2021.



Sveučilište u Zagrebu  
Agronomski fakultet

University of Zagreb  
Faculty of Agriculture



## **IZJAVA STUDENTA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI**

Ja, **Marina Zeko**, JMBAG 0125160331, rođena 27.07.1996. u Livnu, izjavljujem da sam samostalno izradila diplomski rad pod naslovom:

### **VARIJABILNOST NUTRITIVNOG SASTAVA DOMAĆIH POPULACIJA KUKURUZA**

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata/upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
*Potpis studentice*



Sveučilište u Zagrebu  
Agronomski fakultet

University of Zagreb  
Faculty of Agriculture



## IZVJEŠĆE O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studentice Marine Zeko, JMBAG 0125160331, naslova

### **VARIJABILNOST NUTRITIVNOG SASTAVA DOMAĆIH POPULACIJA KUKURUZA**

obranjen je i ocijenjen ocjenom \_\_\_\_\_, dana \_\_\_\_\_.

Povjerenstvo:

potpisi:

1. Prof.dr.sc. Hrvoje Šarčević mentor

\_\_\_\_\_

2. Prof.dr.sc. Ivan Pejić član

\_\_\_\_\_

3. Doc.dr.sc. Ivanka Habuš Jerčić član

\_\_\_\_\_

# Sadržaj

|   |    |
|---|----|
| 1. Uvod .....   | 3  |
| 2. Razrada literature.....  | 5  |
| 2.1. Utjecaj agrotehničkih mjera na nutritivni sastav zrna kukuruza .....                                     | 5  |
| 2.2. Genetska varijabilnost nutritivnog sastava zrna .....  | 6  |
| 3. Materijal i metode.....  | 9  |
| 4. Rezultati i rasprava.....  | 11 |
| 4.1. Analiza varijance .....  | 11 |
| 4.2. Variranje svojstava između populacija.....   | 13 |
| 4.3. Nutritivna svojstva .....  | 14 |
| 4.4. Korelacije između nutritivnih svojstava .....  | 18 |
| 4.5. Prinos zrna po klipu i komponente prinosa .....  | 20 |
| 4.6. Svojstva klipa .....   | 22 |
| 4.7. Svojstva zrna .....  | 24 |
| 4.8. Korelacije prinosa zrna po klipu s komponentama prinosa, svojstvima klipa i nutritivnim svojstvima ..... | 26 |
| 4.9. Korelacija između svojstava zrna i nutritivnih svojstava .....   | 28 |
| 5. Zaključak.....   | 29 |
| 6. Popis literature.....  | 30 |

# Sažetak

Diplomskog rada studentice **Marine Zeko**, naslova

## **VARIJABILNOST NUTRITIVNOG SASTAVA DOMAĆIH POPULACIJA KUKURUZA**

Domaće populacije kukuruza prilagođene su lokalnim uzgojnim uvjetima i izvor su velike varijabilnosti važnih agronomskih i nutritivnih svojstava. Sadržaj proteina i ulja u zrnu važna su svojstva kako za ishranu stoke tako i za ljudsku prehranu. Poznavanje varijabilnosti nutritivnih svojstava zrna kod domaćih populacija kukuruza može pomoći u izboru materijala za korištenje u oplemenjivačkim programima kukuruza usmjerenim na povećanje kvalitete kao i kod izbora populacija za uzgoj na ekološkim poljoprivrednim gospodarstvima. Cilj ovog rada bio je utvrditi sadržaj proteina, ulja i škroba u zrnu te povezanost nutritivnog sastava zrna i morfoloških karakteristika klipa i zrna kod 25 domaćih populacija kukuruza. Najveći sadržaj proteina i ulja u zrnu utvrđen je kod populacija iz južne Hrvatske, dok je najveći sadržaj škroba u zrnu opažen kod populacija iz istočne Hrvatske. Od proučavanih morfoloških svojstava jedino su prinos zrna po klipu, masa 1000 zrna i duljina zrna pokazivali konzistentne negativne korelacije sa sadržajem proteina te pozitivne korelacije sa sadržajem škroba u zrnu.

**Ključne riječi:** kukuruz, populacija, nutritivna svojstva zrna, korelacija

## **Summary**

Of the master's thesis – student **Marina Zeko**, entitled

### **VARIABILITY OF NUTRITIONAL COMPOSITION OF DOMESTIC MAIZE LANDRACES**

Domestic maize landraces are adapted to local cultivation conditions and are a source of great variability of important agronomic and nutritional properties. The content of protein and oil in the grain are important properties for both livestock and human nutrition. Knowing the variability of grain nutritional composition in domestic maize landraces can help in the selection of materials for use in maize breeding programs aimed at increasing quality as well as in the selection of populations for cultivation on organic farms. The aim of this study was to determine the content of protein, oil and starch in the grain and the relationship between grain nutritional composition and morphological characteristics of cobs and grains in 25 domestic maize populations. The highest grain protein and oil content was determined in populations from southern Croatia, while the highest grain starch content was observed in populations from eastern Croatia. Among studied morphological traits, only grain yield per cob, 1000 grain weight and grain length showed consistent negative correlations with protein content and positive correlations with starch content.

**Keywords:** maize, landrace, grain nutritional composition, correlation

# 1. Uvod

Kukuruz (*Zea mays* L.) je biljna vrsta iz porodice trava (*Poaceae*), podrijetlom iz Srednje Amerike, točnije iz Meksika, gdje su pronađeni arheološki nalazi kukuruza stari preko 7000 godina. Smatra se da je kukuruz u Europu donio Kolumbo, a u Hrvatskoj se kukuruz pojavljuje najprije u Dalmaciji 1572. godine, gdje je stigao pomorskim putem španjolskih trgovaca preko Italije. Izravni divlji srodnik kukuruza, za razliku od nekih drugih trava (riža, pšenica), nije poznat. Najbližim divljim srodnikom kukuruza smatra se teozinta (*Zea mays* ssp. *parviglumis*) koja ima jednak broj kromosoma kao kukuruz. Postojeća genetska raznolikost kukuruza kao i drugog kulturnog bilja rezultat je prirodne evolucije, mukotrpnog rada poljoprivrednika i oplemenjivača. Zahvaljujući revolucionarnom otkriću biljne genetike – linijskim hibridima, kukuruz je najrodnija zrnata kultura svijeta.

Površine pod kukuruzom u svijetu u 2019. godini bile su veće od 197 milijuna ha, a proizvedeno je preko 1.14 milijardi tona kukuruza. U Hrvatskoj je u istoj godini pod kukuruzom bilo preko 255 tisuća ha, a proizvedeno je preko 2.29 milijuna tona kukuruza (FAOSTAT, 2019.).

Neki od ciljeva oplemenjivanja kukuruza su:

- poboljšanje genetskog potencijala rodnosti i stabilnosti prinosa hibrida,
- stvaranje samooplodnih linija i hibrida standardne i poboljšane kvalitete zrna,
- otpornost kukuruza na trulež stabljike i klipa,
- otpornost na stresne uvjete.

Do kraja 19. stoljeća su se u Hrvatskoj uzgajale domaće populacije kukuruza u tipu tvrdušica. Krajem 19. i početkom 20. stoljeća kukuruz je postao najznačajnija ratarska kultura naših prostora a u to vrijeme je došlo i do introdukcije novih sorata kukuruza, rodnih zubana kukuruznog pojasa Amerike. Križanjem introduciranih zubana s prethodno uzgajanim tvrdušicama i uz provođenje masovne selekcije stvorene su poznate stranooplodne sorate kao što su Maksimirski, Beljski, Vukovarski, Šidski i Novosadski zubani. Nakon 2. svjetskog rata stranooplodne sorte se ubrzano zamjenjuju linijskim hibridima kukuruza, a već sredinom 20. stoljeća hibridi su u Sjedinjenim Američkim Državama zauzimali 86% površine pod kukuruzom. Nakon 2. svjetskog rata izabrani američki hibridi sijani su i u bivšoj Jugoslaviji (W641AA, W692, Nebraska 301, Iowa 4316, Kansas 1859, Ohio C92 i US 13). Prvi jugoslavenski hibrid Bc 590, koji je priznat 1961. godine, selekcionirao je Drago Palaveršić u Institutu za oplemenjivanje i proizvodnju bilja u Zagrebu (Šatović, 1984).

Danas su u Hrvatskoj kao i većini razvijenih zemalja siju hibridi, koji su potpuno istisnuli stare domaće populacije kukuruza. Međutim domaće populacije kukuruza prilagođene su lokalnim uzgojnim uvjetima i izvor su velike varijabilnosti važnih agronomskih i nutritivnih svojstava. Sadržaj proteina i ulja u zrnju važna su svojstva kako za ishranu stoke tako i za ljudsku prehranu. Iako su po prinosu zrna domaće populacije kukuruza inferiorne modernim hibridnim kultivarima njihova nutritivna vrijednost je često veća od one koju nalazimo kod hibrida. Poznavanje varijabilnosti nutritivnih svojstava zrna kod domaćih populacija kukuruza može pomoći u izboru



materijala za korištenje u oplemenjivačkim programima kukuruza usmjerenim na povećanje kvalitete kao i kod izbora populacija za uzgoj na ekološkim poljoprivrednim gospodarstvima.

Stoga su ciljevi ovog rada bili kod 25 domaćih populacija kukuruza:

1. utvrditi sadržaj proteina, ulja i škroba u zrnu
2. utvrditi povezanost nutritivnog sastava zrna i morfoloških karakteristika klipa i zrna

## 2. Razrada literature

### 2.1. Utjecaj agrotehničkih mjera na nutritivni sastav zrna kukuruza

Tradicionalno kukuruzno zrno se koristi kao hrana za ljude i životinje, te kao sirovina za brojne industrijske proizvode (npr. kukuruzni sirup). Danas, a osobito u skoroj budućnosti, će se ogromne količine zrna koristiti za proizvodnju bioetanol, a zelena i silirana cijela biljka kukuruza i za proizvodnju bioplina.

Prema Ignjatović-Micić i sur. (2015), tipičan sastav zrna kukuruza na osnovi suhe tvari je 71,7% škroba, 9,5% proteina, 4,3% ulja, 1,4% pepela i 2,6% šećera. Kvaliteta nutritivnog sastava kukuruznog ulja i proteina može se poboljšati mijenjanjem njihovog aminokiselinskog i masnokiselinskog sastava. Zrno kukuruza sadrži prosječno 11% palmitinske, 2% stearinske, 24,1% oleinske, 61,9% linolne i 0,7% linolenske kiseline. Mijenjanje kukuruznog ulja kroz promjenu njegovih masnih kiselina može biti korisno na različite načine. Na primjer, povećanjem sadržaja oleinske kiseline dolazi do poboljšanja oksidacijske stabilnosti ulja.

Bc Institut iz Zagreba je jedan od rijetkih proizvođača sjemena u svijetu koji sustavno istražuje kemijska i fizikalna svojstva svojih hibrida te tako omogućuje farmerima odabir hibrida koji po hranjivosti odgovaraju njihovoj stočarskoj proizvodnji. Prema Grbeši (2008) zrno hibrida kukuruza sadrži najmanje proteina u usporedbi s ostalim žitaricama koje se uzgajaju u Hrvatskoj. Oko 80-85% proteina smješteno je u endospermu, a 20-25% u klici. Klica sadržava 30-35% proteina visoke biološke vrijednosti, a endosperm u prosjeku oko 9% proteina lošeg aminokiselinskog sastava. Najveći dio (70%) proteina kukuruza čini zein koji je siromašan bitnim aminokiselinama, osobito lizinom i triptofanom. Bc hibridi kukuruza sadržavaju više zeina, što potvrđuje i viši udio caklavog endosperma od zubana u Francuskoj i SAD-u. Sadržaj škroba (prosječno 64%) vrlo je ujednačen kako između svih ispitanih Bc hibrida, tako i tipa kukuruza zubana i tvrdunaca te vrlo sličan sadržaju škroba u francuskim hibridima. U pravilu rani hibridi sadrže samo nešto manje škroba od kasnih hibrida. Među Bc hibridima najviše škroba sadrži Bc 778, a najmanje Bc 448. Hibridi s višim sadržajem škroba su pogodniji za hranidbu svinja i junadi te za proizvodnju etanola kao goriva. Zrna Bc hibrida sadrže u prosjeku 1,5% šećera (saharoze, glukoze i fruktoze) u 88% suhe tvari, brzo i potpuno su probavljivi, a prema dosadašnjim spoznajama pospješuju uzimanje hrane u svinja. Prosječan sadržaj ulja zrna Bc hibrida je 3.60% (Grbeša, 2008).



Slika 1. Hibrid Bc 323

Izvor: <https://bc-institut.hr/>

Svečnjak i sur. (2007) su istraživali utjecaj naknadnih rokova sjetve na prinos i kvalitetu zrna hibrida kukuruza vegetacijskih skupina FAO 200 (PR39K38) i 300 (PR38P05). Ispitivani hibridi su postigli značajno manji prinos zrna i klipa u naknadnim rokovima u usporedbi s optimalnim rokom sjetve. S druge strane rok sjetve nije imao značajan utjecaj na sadržaj proteina i ulja u zrnu.

Vukobratović i sur. (2008) su proučavali utjecaj različitih varijanti NPK gnojidbe na prinos i kemijski sastav zrna kukuruza. Prinos zrna kao i sadržaj proteina u zrnu rastao je s količinom primijenjenih hraniva, dok različiti gnojidbeni tretmani nisu imali statistički značajan utjecaj na sadržaj ulja u zrnu.

## **2.2. Genetska varijabilnost nutritivnog sastava zrna**

Uzgoj kukuruza prvenstveno je usmjeren na povećanje potencijala prinosa i postizanje stabilnosti u različitim uvjetima koji se javljaju u okolišu. Međutim, sve veći zahtjevi za poboljšanim nutritivnim sastavom zrna kukuruza pokrenuti su mnogi oplemenjivački programi s ciljem stvaranja genotipova poboljšanog nutritivnog sastava zrna. Budući da kukuruz ima siromašan proteinski sastav te nisku biološku kvalitetu esencijalnih aminokiselina lizina i triptofana,

različitim oplemenjivačkim postupcima pokušava se postići bolja kvaliteta kukuruza na tom području. Identificirano je nekoliko mutanata kukuruza koji daju višu razinu lizina i triptofana, no recessivna o2 mutacija je najprikladnija za genetske manipulacije u oplemenjivačkim programima. Naponi oplemenjivača doveli su do poboljšanja kvalitete proteina kukuruza kroz povećanje koncentracije lizina i triptofana uz zadržavanje dobrih agronomskih svojstava. Takav kukuruz stvoren je prvenstveno za područja u kojima je kukuruz osnovna hrana (Afrika i Azija) i gdje se ne može osigurati hrana bogata proteinima za stanovništvo. Biološka vrijednost proteinske kvalitete kukuruza je gotovo udvostručena i slična je proteinskoj vrijednosti mlijeka. Uz navedeno, kvaliteta proteina ovakvog kukuruza ima i druge prednosti u odnosu na uobičajeni kukuruz. Kao posljedica veće razine triptofana bolja je apsorpcija kalija i karotena u tijelu te se javlja veća koncentracija vitamina B3 (niacina). Također, veći je sadržaj željeza i cinka (Ignjatović-Micić i sur. 2015).

Vázquez-Carrillo i sur. (2011) su u svom istraživanju utvrdili da populacije imaju veći sadržaj proteina, ulja, glukoze, saharoze te ukupnih i slobodnih fenola nego hibridi. Sadržaj proteina je kod populacija varirao od 9.76% do 12.54%, dok je kod hibrida bio u rasponu od 8.24% do 11.34%. Budući da su sve sorte uzgajane u jednakim uvjetima, koristeći sličnu agrotehniku, varijabilnost sadržaja proteina se pripisuje isključivo utjecaju genotipa. Relativno visok sadržaj fenolnih spojeva u zrnu, posebno kod populacija, mogao bi biti faktor koji doprinosi boljoj otpornosti kukuruza na insekte nakon berbe.

Mladenović Drinić i sur. (2013) su istraživali kemijski sastav zrna sto inbred linija kukuruza, podrijetlom iz različitih heterotičnih skupina, kako bi identificirali genotipove koji bi se mogli koristiti u selekciji na povećan sadržaj proteina, ulja i škroba. Analiza varijance je pokazala da su utjecaji genotipa i interakcije genotipa i okoline bili značajni za sva ispitivana svojstva, a da je utjecaj lokacije bio značajan samo za sadržaj proteina. Najveći prosječan sadržaj proteina imale su linije podrijetlom iz europske germplazme (12.92%), zatim linije Lancaster tipa (12.05%), a nešto niži prosjek linije iz BSSS germplazme (11.97%). Sadržaj proteina 100 samooplodnih linija se kretao od 9.15% do 14.37% s prosjekom od 12.09%. Sadržaj ulja je kvantitativno svojstvo pod kontrolom većeg broja gena sa malim efektom. Tipično sadržaj ulja u zrnu kukuruza varira od 3.5 do 4%, dok genotipovi sa visokim sadržajem ulja imaju od 7 do 8%. Sadržaj ulja u ispitivanim linijama pokusa Mladenović Drinić i sur. (2013) se kretao od 2.87 do 4.86%, s prosjekom od 3.84%. Najveći prosječan sadržaj ulja su imale linije iz Lancaster germplazme (4.41%), zatim linije podrijetlom iz europske germplazme (4.04%), a najniži iz BSSS germplazme (3.58%). Prosječni sadržaj škroba linija ovog pokusabio je 70.50%, a varirao je u rasponu od 67.35% do 72.60%. Kod linija iz europske germplazme nije utvrđena značajna povezanost između sadržaja proteina, ulja i škroba. Nasuprot tome, kod linija iz BSSS germplazme dobivena je značajna negativna korelacija sadržaja proteina i ulja sa sadržajem škroba, ukazujući na opadanje sadržaj proteina i ulja s porastom sadržaja škroba kod linija iz ove skupine. Kod linija iz Lancaster germplazme utvrđeno je da se rastom sadržaja škroba značajno smanjuje sadržaj ulja, ali sadržaj proteina značajno raste.

Kumar i sur. (2015) navode kako je hranjiva vrijednost različitih populacija kukuruza prikupljenih u sjeverozapadnom području Himalaje vrlo važna za proučavanje i generiranje znanja o varijabilnosti nutritivnog sastava zrna. Između 51 proučavane populacije autori su identificirali primke izrazito visokog sadržaja proteina kao i one s visokim sadržajem ulja. Populacije iz različitih područja imale su različite prednosti nad drugim promatranim populacijama te je svaka prednost iskoristiva za određeno poboljšanje u oplemenjivanju kukuruza. Populacije s najvećom masom sjemena mogu se koristiti za dobivanje samooplodnih linija, dok se kasnozrele populacije s izraženim svojstvom „stay green“ mogu koristiti u oplemenjivanju na otpornost na sušu.

Istraživanjem Kumara i sur. (2015) je, također, kao i istraživanjem Ignjatović-Micić i sur. (2015) zaključeno kako je hranjiva vrijednost proteina u linijama kukuruza niska zbog nedostatka esencijalnih aminokiselina triptofana i lizina. Zaključeno je kako je obrnut odnos između koncentracije proteina i koncentracije ulja, što otežava istovremeno poboljšanje oba svojstva oplemenjivanjem. Međutim, u kasnijim istraživanjima primijećene su povećane koncentracije triptofana, lizina i drugih aminokiselina u kukuruzu s visokim sadržajem ulja. Također, temeljem ovog istraživanja može se zaključiti da se proteini i šećer mogu zajedno poboljšavati s obzirom na njihovu pozitivnu povezanost.

Naggar i sur. (2016) su u svom istraživanju uočili kako su inbred linije kukuruza pokazale gubitak prinosa zrna uslijed deficita u navodnjavanju, odnosno uslijed nedovoljne količine dostupne vode. Vremenska raspoloživost vode je presudna za proizvodnju linija kukuruza. Vodni stres tijekom vegetativne faze proizvodnje linija kukuruza može smanjiti prinos zrna za 25%, vodni stres tijekom faze svilanja za 50%, dok vodni stres tijekom faze sazrijevanja može smanjiti prinos zrna za 21%. Kada se tijekom vremena cvatnje dogodi suša, gubici u kvaliteti nutritivnog sastava zrna su također maksimizirani. Postojanje genetske varijabilnosti osnovni je preduvjet za uspješnu selekciju unutar vrste kako bi se poboljšalo željeno svojstvo, no utjecaj suše na kvalitetu nutritivnog sastava zrna kod različitih genotipova kukuruza još uvijek je nedovoljno istražen.

Nankar i sur. (2017) u svom su istraživanju proučavali domaće populacije plavog kukuruza. Prema njihovim istraživanjima, ovakve vrste kukuruza imaju velik prehrambeni značaj i bogat su izvor genetske raznolikosti za upotrebu u suvremenim oplemenjivačkim programima. U njima se mogu pronaći aleli za poboljšanje nutritivnih svojstava zrna korisnih za ljudsku prehranu i zdravlje te za prilagodbu na abiotske stresove poput suše, vrućine, zaslanjenosti tala i sl. Nekoliko sorata plavog kukuruza pokazalo je povećane koncentracije proteina, cinka, željeza i flavonoida (posebno antocijana) u usporedbi sa žutim sortama kukuruza.

Istraživanje koje su proveli Ünlü i sur. (2017) utvrdilo je značajne razlike nutritivnih svojstava zrna među turskim populacijama kukuruza. Domaće populacije kukuruza predstavljaju važan izvor gena koji uvjetuju svojstva kvalitete nutritivnog sastava zrna. Usporedbom populacija s inbred linijama Mo17 i B73, pokazalo se da su populacije imale veću nutritivnu vrijednost od dviju inbred linija. Populacije su imale posebno visoke vrijednosti za sadržaj ulja (maksimalna vrijednost od 6.27%) i amilopektina (maksimalna vrijednost od 94.1%). Iz ovakvog rezultata istraživanja može se zaključiti kako bi se turske populacije kukuruza mogle koristiti za poboljšanja kvalitete svojstava nutritivnog sastava zrna.

### 3. Materijal i metode

U ovo istraživanje je bilo uključeno 25 domaćih populacija kukuruza prikupljenih na 25 lokacija na području Hrvatske (tablica 1). Ukupno je na području sjeverozapadne Hrvatske prikupljeno 14, na području južne Hrvatske (Dalmacija) pet te u istočnoj Hrvatskoj šest populacija.

Tablica 1. Lokacije prikupljanja 25 domaćih populacija kukuruza

| Lokacija                       |                         |
|--------------------------------|-------------------------|
| <i>Sjeverozapadna Hrvatska</i> | <i>Južna Hrvatska</i>   |
| Samoborsko gorje               | Bogdanovići             |
| Donji Kraljevec                | Nevidane                |
| Oroslavlje                     | Drniš                   |
| Donja Stubica                  | Grab                    |
| Gornja Stubica                 | Sinj                    |
| Višnjevec                      |                         |
| Desinić                        | <i>Istočna Hrvatska</i> |
| Konjšćina                      | Osijek                  |
| Kumrovec                       | Đakovo                  |
| Klanjec                        | Kloštar Podravski       |
| Krapinske Toplice              | Lipovljani              |
| Petrovsko                      | Staro Petrovo Selo      |
| Sveti Križ Začretje            | Gradište                |
| Kraljevec na Sutli             |                         |

Sjeme populacija za sjetvu je uzeto iz kolekcije domaćih populacija kukuruza, koja se čuva u banci gena na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Poljski pokusi sa 25 populacija kukuruza su postavljeni 2019. godine na pokušalištu Maksimir na Agronomskom fakultetu. Predusjev je bila soja, a osnovna i predsjedvena obrada, kultivacija kao i gnojidba provedene su kako je uobičajeno u komercijalnoj proizvodnji kukuruza u Hrvatskoj. Pokus je postavljen prema shemi slučajnog bloknoeg rasporeda u dva ponavljanja. Osnovnu parcelicu činila su dva reda duljine 4 m s međurednim razmakom 0.70 m i 0.25 m unutar reda. Ručna sjetva izvedena je sijaanjem po dva zrna u kućice s naknadnim prorjeđivanjem u fazi 3 do 4 lista na jednu biljku po kućici, ne favorizirajući vigor, da bi se dobio konačni sklop od 57200 biljaka po ha. U pokusu je provedena ručna berba pri čemu su na svakoj parcelici pobrani na kraju vegetacije primarni klipovi na 10 susjednih biljaka po parcelici na kojima su utvrđena morfološka svojstva prema deskriptorima za kukuruz (CIMMYT, IBPGR. 1991).

Nakon sušenja klipova na sobnoj temperaturi do konstantne vlage (12 – 14%) analizirana su morfološka svojstva klipa i zrna:

- duljina klipa (cm),
- promjer klipa (mm),
- broj redova zrna na klipu
- broj zrna u redu

kao i svojstva zrna, analizirana na 10 zrna sa sredine klipa:

- duljina zrna (mm)
- širina zrna (mm)
- debljina zrna (mm)

Nakon što su završena mjerenja morfoloških svojstava zrna sa svih 10 klipova po parcelici su pomiješana i na dobivenim uzorcima je utvrđena ukupna masa zrna, masa zrna po klipu i masa 1000 zrna (MTZ) vaganjem prosječnog poduzorka od 1000 zrna izbrojanih pomoću brojača zrna Contador. Nutritivna svojstva (sadržaj škroba, proteina, sadržaj ulja kao i gustoća zrna) analizirana su pomoću NIR uređaja (Spectrastar XT-R, Unity Scientific, USA). Masa zrna po klipu, MTZ kao i nutritivna svojstva izražena su na osnovi 14% vlage zrna.

Za proučavana svojstva su za svaku populaciju izračunate mjere deskriptivne statistike:

- prosječne vrijednosti (aritmetička sredina)
- minimum
- maksimum
- varijacijski koeficijent (cv)

Varijacijski koeficijent je izračunat između populacija uzevši kao ulazne podatke prosjek dvaju ponavljanja. Za procjenu signifikantnosti variranja svojstava između populacija provedena je analiza varijance, a razlike između prosječnih vrijednosti populacija su testirane LSD testom.

Heritabilnost u širem smislu ( $h^2$ ) za ispitivana svojstva je procijenjena koristeći komponente varijance izračunate iz očekivanih srednjih kvadrata analize varijance (Hallauer i Miranda, 1988.) prema formuli:

$$h^2 = \sigma_G^2 / (\sigma_G^2 + \sigma^2 / r),$$

gdje su  $\sigma_G^2$  i  $\sigma^2$  genotipska varijanca i varijanca pogreške, a  $r$  je broj ponavljanja.

Povezanost između proučavanih svojstava utvrđena je računanjem Pearsonovih korelacijskih koeficijenata. Statističke analize provedene su u statističkom programu SAS (SAS Institute 2013).

## 4. Rezultati i rasprava

### 4.1. Analiza varijance

U tablici 2 su prikazani rezultati analize varijance (ANOVA) za 14 svojstava analiziranih za 25 domaćih populacija kukurza, kojom su utvrđene signifikantne razlike između populacija za sadržaj škroba u zrnu i gustoću zrna, dok su za sva ostala svojstva utvrđene visoko signifikantne razlike između populacija.

Tablica 2. ANOVA (prosječni kvadrat za populaciju i signifikantnost) i heritabilnost za nutritivna svojstva u pokusu s 25 domaćih populacija kukuruza prikupljenih na 25 lokacija u Republici Hrvatskoj, uzgajanih na lokaciji Maksimir u 2019.

| Svojstvo                           | Prosječni kvadrat | Signifikantnost (P) | Heritabilnost |  |
|------------------------------------|-------------------|---------------------|---------------|--|
| <i>Nutritivna svojstva zrna</i>    |                   |                     |               |  |
| Sadržaj proteina u zrnu            | 2.1702            | 0.001717 **         | 0.71          |  |
| Sadržaj ulja u zrnu                | 0.6932            | 0.011278 *          | 0.62          |  |
| Sadržaj škroba u zrnu              | 2.6275            | 0.023069 *          | 0.57          |  |
| Gustoća zrna                       | 0.0003            | 0.031042 *          | 0.54          |  |
| <i>Prinos i komponente prinosa</i> |                   |                     |               |  |
| Prinos po klipu                    | 1348.9            | 0.000553 **         | 0.75          |  |
| Br zrna po klipu                   | 9171.9            | 0.000019 **         | 0.83          |  |
| Masa 1000 zrna                     | 11.619            | 0.000013 **         | 0.84          |  |
| <i>Svojstva klipa</i>              |                   |                     |               |  |
| Duljina klipa                      | 11.619            | 0.000013 **         | 0.84          |  |
| Promjer klipa                      | 0.153             | 0.001868 **         | 0.71          |  |
| Broj redova na klipu               | 5.312             | 0.000000 **         | 0.97          |  |
| Broj zrna u redu                   | 62.524            | 0.000011 **         | 0.85          |  |
| <i>Svojstva zrna</i>               |                   |                     |               |  |
| Duljina zrna                       | 1.314             | 0.000000 **         | 0.96          |  |
| Širina zrna                        | 1.106             | 0.000001 **         | 0.88          |  |
| Debljina zrna                      | 0.267             | 0.000282 **         | 0.77          |  |
| Duljina / Širina                   | 0.016             | 0.000022 **         | 0.83          |  |

\*, \*\* F vrijednost signifikantna kod  $P < 0.05$  odnosno  $P < 0.01$



Heritabilnost za istraživana svojstva je varirala od 0.54 do 0.97. Najniža vrijednost heritabilnosti (0.54) odnosi se na gustoću zrna, dok se najviša vrijednost (0.97) odnosi na broj redova na klipu. U skupini nutritivnih svojstava zrna, koja uključuju sadržaj proteina u zrnu, sadržaj ulja u zrnu, sadržaj škroba u zrnu i gustoću zrna, vrijednosti heritabilnosti bile su niže nego u ostalim skupinama svojstava. U toj skupini najniža vrijednost heritabilnosti utvrđena je za gustoću zrna (0.54), a najveća za sadržaj proteina u zrnu (0.71).

U skupini svojstava koja se odnosi na prinos i komponente prinosa, vrijednosti heritabilnosti su nešto veće i kreću se od 0.75 (prinos po klipu) do 0.84 (masa 1000 zrna).

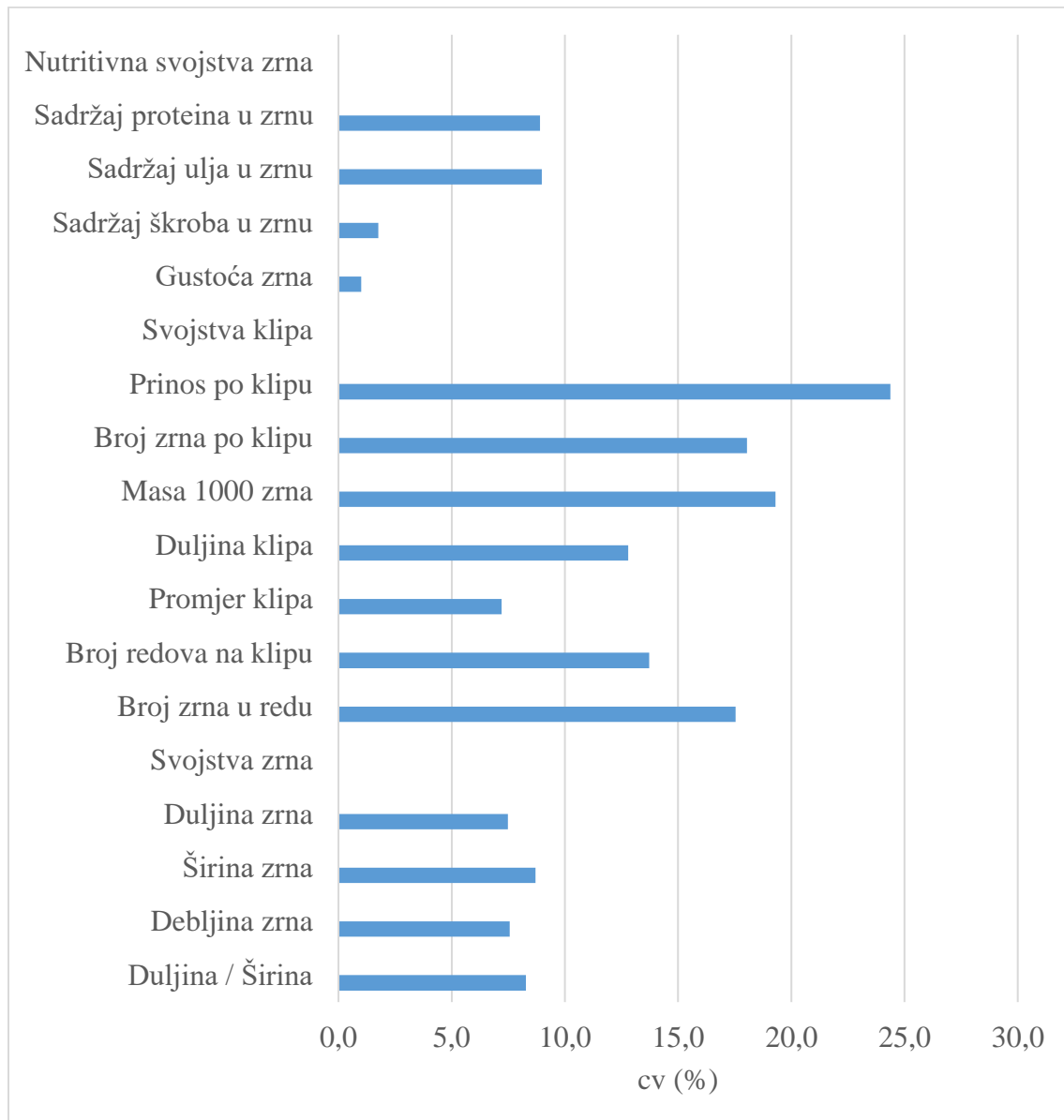
U skupini svojstava klipa (duljina klipa, promjer klipa, broj redova na klipu, broj zrna u redu), kao i u skupini svojstava zrna (duljina zrna, debljina zrna, širina zrna, duljina/širina) pojavljuju se još veće vrijednosti. U skupini koja se odnosi na svojstva klipa nalazi se i maksimalna vrijednost heritabilnosti od svih proučavanih svojstava od 0.97 (broj redova na klipu). Ostale vrijednosti iz ovih dviju skupina kreću se od 0.71 (promjer klipa) do 0.96 (duljina zrna).

Hartings i sur. (2008) su proučavali genetsku raznolikost i odnos između 54 talijanske populacije kukuruza na temelju morfoloških i nutritivnih svojstava zrna te AFLP profiliranjem. Uočene su velike varijacije u pogledu ranozrelosti, svojstava biljne arhitekture, svojstava metlice i karakteristika klipa i zrna. Za većinu svojstava uočene su visoke vrijednosti heritabilnosti. Od svojstava koja su opisana i u istraživanju u Hrvatskoj te prikazana u tablici 2, u istraživanju u Italiji opisani su sadržaj proteina, ulja i škroba u zrnu. U Italiji je heritabilnost za sadržaj proteina u zrnu iznosila 0.64, sadržaj ulja u zrnu 0.63, a sadržaj škroba u zrnu 0.60. Vrijednosti su vrlo slične onima dobivenima u Hrvatskoj.

Ruiz de Galarreta i Alvarez (2020) proveli su morfološki opis populacija kukuruza sjeverne Španjolske. Stotinu populacija okarakterizirano je na temelju 22 morfološka svojstva i sedamnaest ekoloških varijabli (klimatskih, edafskih i topografskih) povezanih s mjestom prikupljanja. U radu je utvrđena visoka heritabilnost za visinu biljke, visinu klipa, broj nodija klipa, duljinu klipa, promjer klipa, broj redova zrna, broj zrna po redu, prinos po klipu i broj dana do svilanja. Šest od navedenih svojstava ispitana su i prikazana i u tablici 2. (prinos po klipu, masa 1000 zrna, duljina klipa, promjer klipa, broj redova na klipu i broj zrna u redu). Heritabilnost za prinos po klipu je u navedenom istraživanju iznosila 0.83, što je više nego u istraživanju provedenom na hrvatskim populacijama (0.75). Heritabilnost za masu 1000 zrna u španjolskim populacijama iznosila je 0.45, što je gotovo dva puta niža vrijednost od one dobivene u istraživanju u Hrvatskoj. Kod španjolskih populacija iz navedenog rada je istraživano i svojstvo duljine klipa. Dobivena vrijednost (0.64) je manja od vrijednosti dobivene za navedeno svojstvo u Hrvatskoj (0.84). Za promjer klipa je heritabilnost kod španjolskih populacija iznosila 0.63, što je ponovno manje od vrijednosti dobivene u Hrvatskoj (0.71). Također, heritabilnost za broj redova na klipu (0.83) i broj zrna u redu (0.71), su bile manje od vrijednosti dobivenih u istraživanju provedenom na hrvatskim populacijama kukuruza (0.97 i 0.85).

## 4.2. Variranje svojstava između populacija

Relativno veća varijabilnost između testiranih populacija, mjerena koeficijentom varijabilnosti (cv), opažena je za prinos po klipu, njegove komponente kao i svojstva klipa, nego je to bio slučaj kod druge dvije skupine svojstava. Kod druge dvije skupine svojstava (nutritivna svojstva zrna i svojstva zrna) cv ne prelazi 10%, dok kod skupine u kojoj se nalaze svojstva klipa nailazimo samo na jednu vrijednost (promjer klipa) koja je ispod 10%.



Graf 1. Koeficijent varijabilnosti, (cv/%) između populacija kukuruza za 15 svojstava

U skupini nutritivnih svojstava zrna nalaze se dva svojstva (gustoća zrna i sadržaj škroba u zrnu) kod kojih je koeficijent varijabilnosti vrlo nizak (<2%). Druga dva svojstva (sadržaj proteina i sadržaj ulja u zrnu) poprimaju nešto veće vrijednosti, oko 9%.

U skupini svojstava klipa vrijednosti koeficijenta varijabilnosti (cv) kreću se od 7.2% (promjer klipa) do 24.4% (prinos po klipu). U odnosu na druge dvije skupine svojstava, svojstva iz ove skupine imala su veću varijabilnost.

Sva četiri svojstva zrna imale su slične vrijednosti koeficijenta varijabilnosti, koji se kretao u rasponu od 7 – 8%, što upućuje na relativno nisku varijabilnost ovih svojstava između testiranih populacija.

U Indiji je provedeno istraživanje radi utvrđivanja raznolikosti među 51 populacije kukuruza prikupljenih u sjeverozapadnoj himalajskoj regiji, procijenjene pomoću agro-morfoloških svojstava i nutritivnih svojstava zrna (Kumar i sur., 2015). Nutritivna svojstva su imala približno jednaku cv vrijednost kao i u istraživanju u Hrvatskoj. Sadržaj proteina imao je vrijednost cv od 6.7%, sadržaj ulja 12.4%, dok je za sadržaj škroba cv iznosio samo 1.0%. Broj redova na klipu imao je vrijednost cv od 18.4%, a broj zrna u redu od 16.3%, što predstavlja veću varijabilnost svojstava klipa nego što je to bio slučaj kod hrvatskih populacija.

U istraživanju koje su proveli Ignjatović-Micić i sur. (2015), cilj je bio utvrditi nutritivni sastav zrna populacija kukuruza otpornih na sušu, a provedeno je na 13 različitih populacija kukuruza. U navedenom istraživanju utvrđen je cv za masu 1000 zrna (1.86%), duljinu zrna (1.8%), širinu zrna (1.6%), debljinu zrna (3.42%), sadržaj ulja (2.27%) i sadržaj proteina (4.13%). Vrijednosti za cv u studiji Ignjatović-Micić i sur. (2015) svih svojstava je bio znatno manji od vrijednosti cv istih svojstava utvrđenih u ovome radu.

### **4.3. Nutritivna svojstva**

U tablici 3 je prikazan nutritivni sastav zrna kod 25 domaćih populacija kukuruz. Sadržaj proteina u cijelom setu populacija varirao je od 9.3% do 13.8%. U prosjeku je najveći sadržaj proteina utvrđen kod populacija podrijetlom iz južne Hrvatske (12.3%), zatim kod populacija podrijetlom iz sjeverozapadne Hrvatske (11.9%), a najniži kod onih podrijetlom iz istočne Hrvatske (10.8%). Kod populacija podrijetlom iz istočne Hrvatske su utvrđene manje vrijednosti sadržaja proteina od prosjeka pokusa (11.7%), u skupini populacija podrijetlom iz sjeverozapadne Hrvatske kod osam od četrnaest populacija su vrijednosti sadržaja proteina bile iznadprosječne, dok je kod četiri od pet populacija podrijetlom iz južne Hrvatske zabilježen iznadprosječan sadržaj proteina. Kao populacije s izrazito visokim sadržajem proteina mogu se od populacija podrijetlom iz sjeverozapadne Hrvatske istaknuti populacije s lokacija Donja Stubica i Klanjec (13.1%, odnosno 12.9% proteina) te dvije populacije podrijetlom iz južne Hrvatske prikupljene na lokacijama Bogdanovići i Grab (12.9%, odnosno 13.8% proteina).

Tablica 3. Sadržaj proteina, ulja i škroba u zrnu te gustoća zrna domaćih populacija kukuruza podrijetlom sa 25 lokacija u Republici Hrvatskoj, uzgojenih u Maksimiru 2019.

| Lokacija                       | Sadržaj proteina (%) | Sadržaj ulja (%) | Sadržaj škroba (%) | Gustoća zrna (g/cm <sup>3</sup> ) |
|--------------------------------|----------------------|------------------|--------------------|-----------------------------------|
| <i>Istočna Hrvatska</i>        |                      |                  |                    |                                   |
| Osijek                         | 9.3                  | 5.7              | 66.9               | 1.294                             |
| Đakovo                         | 11.1                 | 5.7              | 67.1               | 1.291                             |
| Kloštar Podravski              | 9.9                  | 6.9              | 65.4               | 1.279                             |
| Lipovljani                     | 11.1                 | 6.0              | 66.1               | 1.318                             |
| Staro Petrovo Selo             | 11.5                 | 7.3              | 64.3               | 1.298                             |
| Gradište                       | 11.6                 | 6.3              | 65.5               | 1.292                             |
| <b>Prosjek</b>                 | <b>10.8</b>          | <b>6.3</b>       | <b>65.9</b>        | <b>1.295</b>                      |
| <i>Sjeverozapadna Hrvatska</i> |                      |                  |                    |                                   |
| Samoborsko gorje               | 11.6                 | 7.5              | 64.5               | 1.297                             |
| Donji Kraljevec                | 11.7                 | 6.5              | 65.8               | 1.306                             |
| Oroslavlje                     | 12.2                 | 6.3              | 65.1               | 1.310                             |
| Donja Stubica                  | 13.1                 | 6.7              | 64.4               | 1.298                             |
| Gornja Stubica                 | 12.0                 | 6.6              | 65.5               | 1.286                             |
| Višnjevec                      | 12.0                 | 6.1              | 64.7               | 1.310                             |
| Desinić                        | 11.4                 | 7.5              | 63.9               | 1.297                             |
| Konjščina                      | 11.3                 | 6.1              | 65.5               | 1.313                             |
| Kumrovec                       | 10.6                 | 5.7              | 67.2               | 1.297                             |
| Klanjec                        | 12.9                 | 6.7              | 64.6               | 1.328                             |
| Krapinske Toplice              | 12.4                 | 6.9              | 63.8               | 1.298                             |
| Petrovsko                      | 12.8                 | 7.4              | 63.4               | 1.320                             |
| Sveti Križ Začretje            | 11.4                 | 6.3              | 65.2               | 1.303                             |
| Kraljevec na Sutli             | 11.2                 | 6.3              | 64.8               | 1.315                             |
| <b>Prosjek</b>                 | <b>11.9</b>          | <b>6.6</b>       | <b>64.9</b>        | <b>1.305</b>                      |
| <i>Južna Hrvatska</i>          |                      |                  |                    |                                   |
| Bogdanovići                    | 12.9                 | 6.8              | 63.5               | 1.308                             |
| Nevidane                       | 12.7                 | 7.8              | 63.0               | 1.310                             |
| Drniš                          | 11.8                 | 6.2              | 65.3               | 1.300                             |
| Grab                           | 13.8                 | 6.4              | 63.9               | 1.333                             |
| Sinj                           | 10.4                 | 6.3              | 66.4               | 1.289                             |
| <b>Prosjek</b>                 | <b>12.3</b>          | <b>6.7</b>       | <b>64.4</b>        | <b>1.308</b>                      |
| <b>Minimum</b>                 | <b>9.3</b>           | <b>5.7</b>       | <b>63.0</b>        | <b>1.279</b>                      |
| <b>Maksimum</b>                | <b>13.8</b>          | <b>7.8</b>       | <b>67.2</b>        | <b>1.333</b>                      |
| <b>Ukupni prosjek</b>          | <b>11.7</b>          | <b>6.6</b>       | <b>65.0</b>        | <b>1.303</b>                      |
| <b>LSD (p&lt;0.05)</b>         | <b>1.633</b>         | <b>1.064</b>     | <b>2.205</b>       | <b>0.0258</b>                     |

Najviši sadržaj ulja u ovom istraživanju u prosjeku je, također, utvrđen kod populacija podrijetlom iz južne Hrvatske (6.7%). Populacije podrijetlom iz sjeverozapadne Hrvatske imaju nešto niži prosjek od populacija podrijetlom iz južne Hrvatske (6.6%), dok najniži prosjek imaju populacije podrijetlom iz istočne Hrvatske (6.3%). Kod populacija podrijetlom iz istočne Hrvatske utvrđene su uglavnom manje vrijednosti od prosječne vrijednosti pokusa. Izuzetak su populacije podrijetlom iz Kloštra Podravskog (6.9%) te Starog Petrovog Sela (7.3%). Među populacijama podrijetlom iz sjeverozapadne Hrvatske, šest populacija imalo je sadržaj ulja iznad prosjeka pokusa (6.6%), jedna populacija je prosječna, a preostalih sedam populacija su ispodprosječne. Unutar tih sedam nalazi se i populacija podrijetlom iz mjesta Kumrovec, koja ima najniži sadržaj ulja od svih populacija (5.7%). Među populacijama podrijetlom iz južne Hrvatske nalaze se dvije iznadprosječne i tri ispodprosječne populacije. Populacija podrijetlom iz mjesta Neviđane je populacija s najvišim sadržajem ulja (7.8%).

Vázquez-Carrillo i sur. (2011) proveli su istraživanje s ciljem usporedbe kvalitete zrna i tortilja od 11 meksičkih populacija kukuruza, s 38 modernih hibrida kukuruza. Istraživanjem je utvrđeno da su populacije imale veći sadržaj proteina, ulja, glukoze, saharoze, kao i ukupnih i slobodnih fenola od hibrida. Sadržaj proteina u zrnu kod populacija varirao je od 9.76% do 12.54%, dok je kod hibrida varirao od 8.24% do 11.34%. U radu je zaključeno da se populacije, zbog poželjnih svojstava kvalitete, mogu koristiti u oplemenjivačkim programima. Međutim, u njima se prethodno moraju poboljšati svojstva povezana sa otpornošću na polijeganje i lom stabljike, otpornost na trulež klipa i druga agronomska svojstva u kojima su one inferiorne u odnosu na moderne hibride.

U istraživanju provedenom u Srbiji (Ignjatović-Micić i sur., 2015.) cilj je bio utvrditi i sadržaj ulja kod odabranih populacija kukuruza. Sve su imale visok udio ulja, a varijabilnost nije bila velika, kao ni u istraživanju provedenom u Hrvatskoj. Sadržaj ulja se u srpskim populacijama kukuruza kretao od 4.6% do 5.4% i u prosjeku je bio nešto niži u odnosu na prosječni sadržaj ulja kod hrvatskih populacija.

Ünlü i sur. (2018) istraživali su raznolikost 35 turskih populacija kukuruza na temelju analiza proteinskih i nutritivnih svojstava zrna. Rezultati analize proteina pokazali su signifikantne razlike među populacijama. Sadržaj proteina varirao je u širem rasponu (6.67% do 11.34%) nego što je to bio slučaj kod hrvatskih populacija kukuruza, no hrvatske su populacije imale prosječno veći sadržaj proteina od turskih. Slično je bilo i sa sadržajem ulja, koji je u istraživanju Ünlü i sur. (2018) varirao od 2.83% to 6.27%. Rezultati upućuju na znatno veću varijabilnost sadržaja ulja turskih populacija kukuruza u usporedbi s variranjem sadržaja ulja kod hrvatskih populacija, no hrvatske su populacije imale prosječno veći sadržaj ulja od turskih.

Sadržaj škroba u cijelom setu od 25 hrvatskih populacija (tablica 3) kretao se od 63.0% do 67.2%. U prosjeku je najveći sadržaj proteina utvrđen kod populacija podrijetlom iz istočne Hrvatske (65.9%), zatim kod populacija podrijetlom iz sjeverozapadne Hrvatske (64.9%) te najniži kod populacija podrijetlom iz južne Hrvatske (64.4%). Pet populacija podrijetlom iz istočne Hrvatske

imale su iznadprosječne vrijednosti sadržaja škroba u odnosu na prosjek cijelog pokusa (65.0%), dok je samo jedna populacija, ona podrijetlom iz Starog Petrovog Sela, imala ispodprosječnu vrijednost (64.3%). Među populacijama podrijetlom iz sjeverozapadne Hrvatske nalazi se šest iznadprosječnih populacija, unutar kojih je i populacija koja ima najviši prosjek sadržaja škroba cijelog pokusa – iz Kumrovca (67.2%), te osam ispodprosječnih. Dvije populacije podrijetlom iz južne Hrvatske su iznadprosječne, a tri su ispodprosječne te se među njima ujedno nalazi i populacija s najnižim prosjekom cijelog pokusa – iz mjesta Neviđane (63.0%).

Sadržaj škroba u istraživanju koje su proveli Ignjatović-Mićić i sur. (2015) bio je u prosjeku 71.7%, iz čega možemo zaključiti da su te populacije kukuruza bogatije škrobom nego populacije kukuruza iz pokusa provedenog u Hrvatskoj, što je i očekivano budući da su srpske populacije istovremeno imale niži sadržaj proteina i ulja.

Istraživanje provedeno u Turskoj pokazalo je signifikantno variranje sadržaja amiloze i amilopektina između lokalnih populacija kukuruza (Ünlü i sur., 2018). Sadržaj amiloze varirao je od 5.9% do 37.6%, dok je sadržaj amilopektina varirao od 62.4% do 94.1%.

Gustoća zrna kod 25 domaćih populacija, mjerena u  $\text{g/cm}^3$ , u provedenom istraživanju (tablica 3) varirala je od 1.279 do 1.333. Ukupan prosjek pokusa iznosio je  $1.303 \text{ g/cm}^3$ . Manju prosječnu vrijednost imale su populacije podrijetlom iz istočne Hrvatske ( $1.295 \text{ g/cm}^3$ ), dok su populacije podrijetlom iz sjeverozapadne i južne Hrvatske imale prosjek veći od ukupnog prosjeka pokusa ( $1.305 \text{ g/cm}^3$  i  $1.308 \text{ g/cm}^3$ ). Od populacija podrijetlom iz istočne Hrvatske je samo jedna populacija iznadprosječna (Lipovljani –  $1.318 \text{ g/cm}^3$ ), a od populacija podrijetlom iz sjeverozapadne Hrvatske nalazi se sedam od četrnaest iznadprosječnih populacija, dok se među populacijama podrijetlom iz južne Hrvatske nalaze tri od pet populacija čija je gustoća zrna veća od prosjeka pokusa. Najveća gustoća zrna zabilježena je kod populacije podrijetlom iz južne Hrvatske, iz mjesta Grab, s vrijednošću od  $1.333 \text{ g/cm}^3$ , a slijedi ju populacija podrijetlom iz sjeverozapadne Hrvatske, iz mjesta Klanjec, čija gustoća zrna iznosi  $1.328 \text{ g/cm}^3$ .

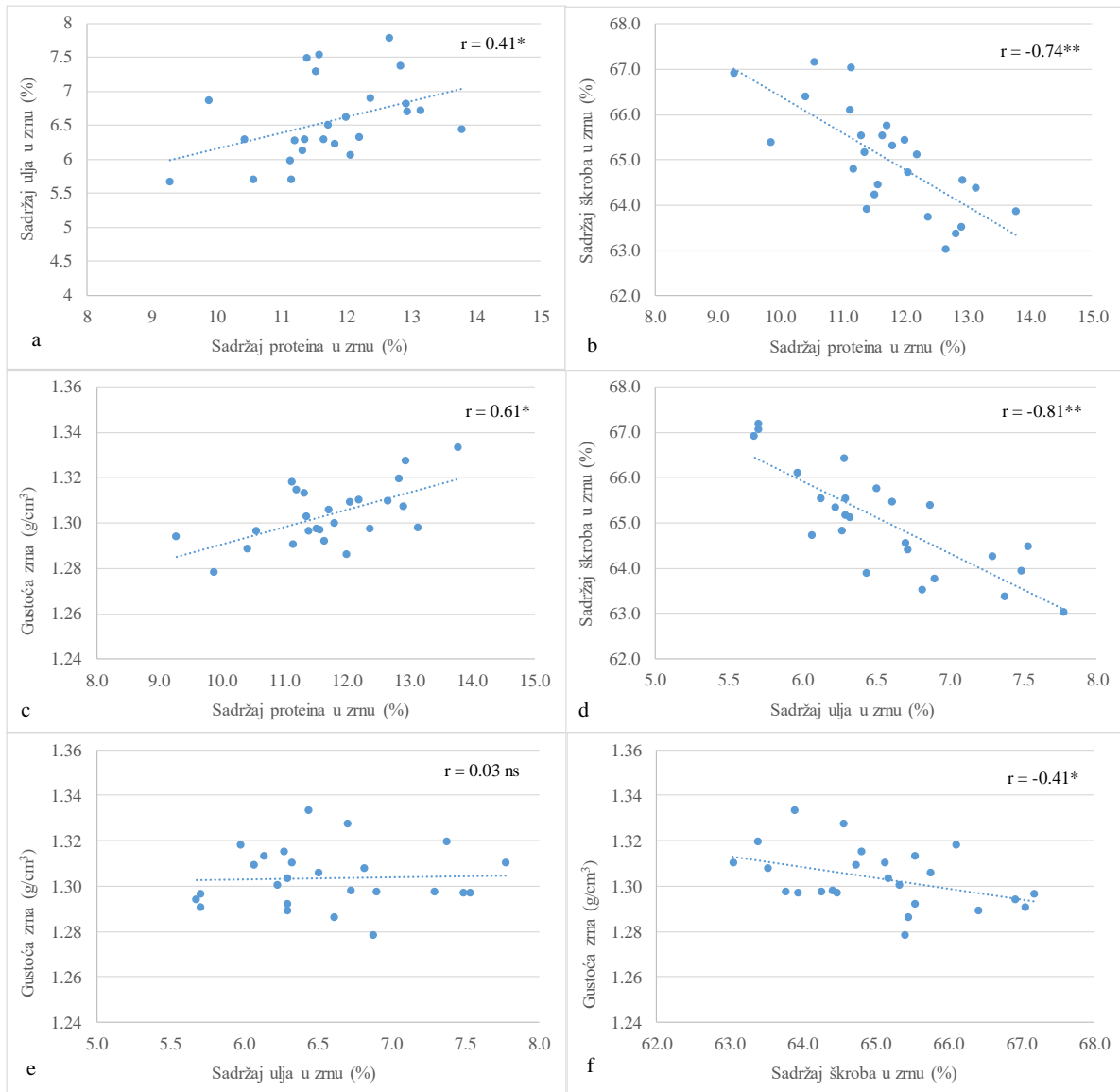
Jaradat i Goldstein (2008) proveli su, u SAD-u, istraživanje na 13 populacija kukuruza kako bi utvrdili raznolikost zrna kukuruza iz uzgojnog programa za kvalitetu bjelančevina. Varijabilnost gustoće zrna u provedenom istraživanju kretala se u rasponu od  $1.2 \text{ g/cm}^3$  do  $1.3 \text{ g/cm}^3$  i bila je slična varijabilnosti ovoga svojstva opaženoj kod hrvatskih populacija. S druge strane, gustoća zrna izabranih populacija o kojoj su izvijestili Ignjatović-Mićić i sur. (2015) kretala se u nešto većem rasponu (od  $1.27 \text{ g/cm}^3$  do  $1.40 \text{ g/cm}^3$ ).

#### 4.4. Korelacije između nutritivnih svojstava

Na grafu 2 (a – f) prikazane su korelacije između nutritivnih svojstava kod 25 domaćih populacija kukuruza. Korelacija između sadržaja ulja i sadržaja proteina u zrnu je bila umjereno pozitivna (graf 2a) s koeficijentom korelacije  $r=0.41^*$ . Ignjatović-Micić i sur. (2015) su utvrdili nešto veću korelaciju između sadržaja ulja i proteina kod srpskih populacija kukuruza ( $r=0.567$ ). Korelacija između sadržaja škroba i sadržaja proteina u zrnu je bila snažna negativna (graf 2b) s koeficijentom korelacije  $r=-0.74^{**}$ . Koeficijent korelacije između gustoće zrna i sadržaja proteina u zrnu ( $r=0.61^*$ ) ukazuje da je povećana gustoća zrna povezana s povećanim sadržajem proteina u zrnu (graf 2c).

Korelacija između sadržaja škroba i sadržaja ulja u zrnu, prikazana na grafu 2d, je snažna negativna korelacija ( $r=-0.81^{**}$ ) ukazujući da povećanjem sadržaja škroba, dolazi do smanjenja sadržaja ulja u zrnu. Korelacija između gustoće zrna i sadržaja ulja u zrnu (graf 2e) je zanemariva s vrijednošću korelacijskog koeficijenta od  $r=0.03$ , dok je korelacija između gustoće zrna i sadržaja škroba u zrnu (graf 2f) umjerena negativna ( $r=-0.41^*$ ), što znači da je povećana gustoća zrna povezana sa smanjenim postotkom škroba u zrnu.

Nankar i sur. (2017) u svom su istraživanju, također, proučavali korelacije između nutritivnih svojstava zrna kod lokalnih populacija kukuruza u SAD-u. Sadržaj proteina bio je u snažnijoj pozitivnoj korelaciji sa sadržajem ulja ( $r=0.79^*$ ) nego je to bio slučaj kod hrvatskih populacija. Sadržaj proteina i sadržaj škroba bili su također u snažnijoj negativnoj korelaciji ( $r=-0.82^{**}$ ) nego je to slučaj kod hrvatskih populacija. Međutim, u istraživanju koje su proveli Nankar i sur. (2017), gustoća zrna imala je pozitivnu korelaciju sa sadržajem škroba ( $r=0.87^{**}$ ), dok je sa sadržajem proteina imala negativnu korelaciju ( $r=-0.58$ ), što je kod hrvatskih populacija bilo obrnuto.



Graf 2. (a – f) Korelacije između nutritivnih svojstava kod 25 domaćih populacija kukuruza. Maksimir, 2019



#### 4.5. Prinos zrna po klipu i komponente prinosa

U tablici 4 prikazan je prinos zrna po klipu i komponente prinosa (broj zrna po klipu i masa 1000 zrna) kod 25 domaćih populacija kukuruza. Prinos zrna po klipu varirao je od 39 g (Grab) do 144 g (Lipovljani). U prosjeku je najviši prinos bio kod populacija podrijetlom iz istočne Hrvatske (128 g), zatim slijede populacije podrijetlom iz sjeverozapadne Hrvatske (111 g), a najniži prosječni prinos po klipu imale su populacije podrijetlom iz južne Hrvatske (71 g). Sve populacije podrijetlom iz istočne Hrvatske imale su veći prinos od prosječnog prinosa pokusa (106.6 g), deset od četrnaest populacija podrijetlom iz sjeverozapadne Hrvatske bile su iznadprosječne, a samo kod jedne od pet populacija podrijetlom iz južne Hrvatske utvrđena je vrijednost viša od prosječne. Kao populacije sa izrazito visokim prinosom zrna po klipu mogu se od populacija podrijetlom iz istočne Hrvatske istaknuti populacije iz Lipovljana i Kloštra Podravskog (144 g, odnosno 135 g), a od populacija podrijetlom iz sjeverozapadne Hrvatske one podrijetlom iz mjesta Oroslavlje i Kraljevec na Sutli (141 g, odnosno 127 g).

Broj zrna po klipu varirao je od 268, zabilježen kod populacija podrijetlom s dviju lokacija južne Hrvatske (Drniš i Grab), do 501, utvrđen za populaciju podrijetlom iz Lipovljana (istočna Hrvatska). U prosjeku je najveći broj zrna uočen kod populacija podrijetlom iz istočne Hrvatske (398), zatim kod populacija podrijetlom iz sjeverozapadne Hrvatske (385), a najmanji broj zrna u prosjeku su imale populacije podrijetlom iz južne Hrvatske (321). Četiri od šest populacija podrijetlom iz istočne Hrvatske imale su veći prinos od ukupnog prosjeka cijelog pokusa, devet od četrnaest populacija podrijetlom iz sjeverozapadne Hrvatske bile su iznadprosječne, a samo je jedna od pet populacija podrijetlom iz južne Hrvatske bila iznadprosječna. Populacija podrijetlom iz južne Hrvatske, koja je jedina populacija te regije sa prosjekom većim od prosjeka cijelog pokusa, je populacija iz Sinja sa 459 zrna po klipu, što je ujedno i drugi najveći broj zrna po klipu ovog pokusa.

Masa 1000 zrna varirala je od 145 g, utvrđenih kod populacije prikupljene na lokaciji Grab u južnoj Hrvatskoj, do 438 g, koliko je utvrđeno kod populacije podrijetlom iz Đakova, istočna Hrvatska. U prosjeku je najveća masa 1000 zrna uočena kod populacija podrijetlom iz istočne Hrvatske (330 g), slijede populacije podrijetlom iz sjeverozapadne Hrvatske (291 g), a namjanju prosječnu vrijednost imale su populacije podrijetlom iz južne Hrvatske (216 g). Ukupni prosjek cijelog pokusa za masu 1000 zrna iznosio je 282.8 g. Pet od šest populacija podrijetlom iz istočne Hrvatske bile su iznadprosječne, devet od četrnaest populacija podrijetlom iz sjeverozapadne Hrvatske imale su prosjek veći od prosjeka pokusa, a niti jedna od pet populacija podrijetlom iz južne Hrvatske nije imala veći prosjek od 282.8 g.

Populacije podrijetlom iz istočne Hrvatske su, vidljivo iz tablice 4., imale najveće vrijednosti svih svojstava, dok su populacije podrijetlom iz južne Hrvatske većinom bile ispod prosjeka pokusa.

Tablica 4. Prinos zrna po klipu i komponente prinosa domaćih populacija kukuruza podrijetlom sa 25 lokacija u Republici Hrvatskoj, uzgojenih u Maksimiru 2019.

| Lokacija                           | Prinos zrna<br>po klipu (g) | Broj zrna<br>po klipu | Masa 1000<br>zrna (g) |
|------------------------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| <i>Istočna Hrvatska</i>            |                             |                       |                       |
| Osijek                             | 126                         | 444                   | 289                   |
| Đakovo                             | 125                         | 277                   | 438                   |
| Kloštar Podravski                  | 135                         | 424                   | 318                   |
| Lipovljani                         | 144                         | 501                   | 287                   |
| Staro Petrovo Selo                 | 109                         | 343                   | 317                   |
| Gradište                           | 114                         | 431                   | 265                   |
| <b>Prosjek</b>                     | <b>128</b>                  | <b>398</b>            | <b>330</b>            |
| <i>Sjeverozapadna<br/>Hrvatska</i> |                             |                       |                       |
| Samoborsko gorje                   | 115                         | 445                   | 258                   |
| Donji Kraljevec                    | 111                         | 384                   | 288                   |
| Oroslavlje                         | 141                         | 414                   | 339                   |
| Donja Stubica                      | 97                          | 306                   | 317                   |
| Gornja Stubica                     | 121                         | 365                   | 332                   |
| Višnjevec                          | 78                          | 325                   | 240                   |
| Desinić                            | 115                         | 382                   | 299                   |
| Konjšćina                          | 121                         | 382                   | 315                   |
| Kumrovec                           | 93                          | 289                   | 320                   |
| Klanjec                            | 112                         | 405                   | 276                   |
| Krapinske Toplice                  | 105                         | 367                   | 282                   |
| Petrovsko                          | 110                         | 460                   | 242                   |
| Sveti Križ Začretje                | 109                         | 417                   | 262                   |
| Kraljevec na Sutli                 | 127                         | 419                   | 304                   |
| <b>Prosjek</b>                     | <b>111</b>                  | <b>385</b>            | <b>291</b>            |
| <i>Južna Hrvatska</i>              |                             |                       |                       |
| Bogdanovići                        | 59                          | 288                   | 206                   |
| Nevidane                           | 76                          | 324                   | 237                   |
| Drniš                              | 63                          | 268                   | 233                   |
| Grab                               | 39                          | 268                   | 145                   |
| Sinj                               | 120                         | 459                   | 260                   |
| <b>Prosjek</b>                     | <b>71</b>                   | <b>321</b>            | <b>216</b>            |
| <b>Minimum</b>                     | <b>38.8</b>                 | <b>267.9</b>          | <b>145.1</b>          |
| <b>Maksimum</b>                    | <b>143.9</b>                | <b>501.0</b>          | <b>438.4</b>          |
| <b>Ukupni prosjek</b>              | <b>106.6</b>                | <b>375.4</b>          | <b>282.8</b>          |
| <b>LSD (p&lt;0.05)</b>             | <b>37.7</b>                 | <b>80.3</b>           | <b>68.2</b>           |

## 4.6. Svojstva klipa

U tablici 5 prikazana su svojstva klipa kod 25 domaćih populacija kukuruza. Duljina klipa varirala je od 13.4 cm do 22.3 cm. U prosjeku su najveću duljinu klipa imale populacije podrijetlom iz istočne Hrvatske (19.9 cm), zatim populacije podrijetlom iz sjeverozapadne Hrvatske (19.7 cm), a populacije najmanje prosječne duljine bile su populacije podrijetlom iz južne Hrvatske (15.1 cm). Četiri od šest populacija podrijetlom iz istočne Hrvatske imale su veću duljinu od ukupnog prosjeka pokusa koji je iznosio 18.8 cm. Čak deset od četrnaest populacija podrijetlom iz sjeverozapadne Hrvatske bile su iznadprosječne, a niti jedna populacija podrijetlom iz južne Hrvatske nije imala duljinu klipa veću od prosječne. Maksimalna duljina se javila kod populacije prikupljene u Donjem Kraljevcu, sjeverozapadna Hrvatska.

Promjer klipa varirao je od 3.2 cm do 4.4 cm. Maksimum je uočen kod populacije podrijetlom iz Sinja, južna Hrvatska, dok je minimum uočen kod populacije podrijetlom iz Donjeg Kraljevca, sjeverozapadna Hrvatska. Kod promjera klipa, najveća prosječna vrijednost uočena je kod populacija podrijetlom iz južne Hrvatske (4.12 cm), zatim kod populacija podrijetlom iz istočne Hrvatske (3.81 cm), a najmanju prosječnu vrijednost imale su populacije podrijetlom iz sjeverozapadne Hrvatske (3.75 cm). Četiri populacije podrijetlom iz istočne Hrvatske bile su iznadprosječne. Vrijednosti pet populacija podrijetlom iz sjeverozapadne Hrvatske, također su imale iznad prosječne vrijednosti. Čak četiri od pet populacija podrijetlom iz južne Hrvatske imale su iznadprosječne vrijednosti, dok je peta populacija bila jednaka prosjeku pokusa (3.8 cm).

Prema rezultatima ovoga istraživanja, populacije podrijetlom iz južne Hrvatske su imale najveće prosječne vrijednosti broja redova na klipu (13.3). Populacije podrijetlom iz sjeverozapadne Hrvatske imale su prosječnu vrijednost broja redova na klipu 11.7, a najmanju prosječnu vrijednost broja redova na klipu imale su populacije podrijetlom iz istočne Hrvatske (11.1). Prosjek cijelog pokusa iznosio je 11.9. Sve populacije podrijetlom iz južne Hrvatske pokazale su iznadprosječne vrijednosti.

Prosječan broj zrna u redu kretao se od 20.3 do 40.5 s ukupnim prosjekom pokusa od 31.9. Prosječan broj zrna u redu najviši je bio kod populacija podrijetlom iz istočne Hrvatske (36.4), zatim kod populacija podrijetlom iz sjeverozapadne Hrvatske (32.8), a najmanju prosječnu vrijednost imale su populacije podrijetlom iz južne Hrvatske (24.0). Gotovo sve populacije podrijetlom iz istočne Hrvatske imale su veću vrijednost od prosječne vrijednosti pokusa (pet od šest populacija), osam od četrnaest populacija podrijetlom iz sjeverozapadne Hrvatske imale su iznadprosječne vrijednosti, dok su vrijednosti svih populacija podrijetlom iz južne Hrvatske bile ispodprosječne. Maksimalni broj zrna u redu od 40.5 uočen je kod populacije podrijetlom iz Kloštra Podravskog, a minimalni od 20.3 kod populacije podrijetlom iz Bogdanovića.

Tablica 5. Svojstva klipa domaćih populacija kukuruza podrijetlom sa 25 lokacija u Republici Hrvatskoj, uzgojenih u Maksimiru 2019.

| Lokacija                       | Duljina klipa (cm) | Promjer klipa (cm) | Broj redova na klipu | Broj zrna u redu |
|--------------------------------|--------------------|--------------------|----------------------|------------------|
| <i>Istočna Hrvatska</i>        |                    |                    |                      |                  |
| Osijek                         | 19.9               | 4.0                | 12.0                 | 36.8             |
| Đakovo                         | 18.6               | 4.0                | 8.9                  | 30.7             |
| Kloštar Podravski              | 21.0               | 3.7                | 10.5                 | 40.5             |
| Lipovljani                     | 19.5               | 3.9                | 13.5                 | 37.1             |
| Staro Petrovo Selo             | 22.2               | 3.4                | 8.6                  | 39.8             |
| Gradište                       | 18.1               | 3.9                | 12.9                 | 33.4             |
| <b>Prosjek</b>                 | <b>19.9</b>        | <b>3.81</b>        | <b>11.1</b>          | <b>36.4</b>      |
| <i>Sjeverozapadna Hrvatska</i> |                    |                    |                      |                  |
| Samoborsko gorje               | 19.0               | 3.8                | 12.2                 | 36.5             |
| Donji Kraljevec                | 22.3               | 3.2                | 9.7                  | 39.8             |
| Oroslavlje                     | 19.8               | 4.0                | 11.9                 | 34.7             |
| Donja Stubica                  | 21.1               | 3.6                | 9.7                  | 31.6             |
| Gornja Stubica                 | 18.8               | 3.8                | 10.8                 | 33.9             |
| Višnjevec                      | 18.6               | 3.4                | 11.2                 | 29.1             |
| Desinić                        | 18.9               | 4.0                | 12.4                 | 30.8             |
| Konjšćina                      | 21.2               | 3.6                | 11.9                 | 32.0             |
| Kumrovec                       | 18.0               | 3.7                | 9.9                  | 29.1             |
| Klanjec                        | 21.2               | 3.7                | 11.6                 | 34.8             |
| Krapinske Toplice              | 18.0               | 4.0                | 12.8                 | 28.4             |
| Petrovsko                      | 21.0               | 4.1                | 12.6                 | 36.4             |
| Sveti Križ Začretje            | 18.4               | 3.8                | 14.2                 | 29.3             |
| Kraljevec na Sutli             | 20.0               | 3.7                | 12.8                 | 32.7             |
| <b>Prosjek</b>                 | <b>19.7</b>        | <b>3.75</b>        | <b>11.7</b>          | <b>32.8</b>      |
| <i>Južna Hrvatska</i>          |                    |                    |                      |                  |
| Bogdanovići                    | 13.9               | 4.0                | 14.2                 | 20.3             |
| Nevidane                       | 16.0               | 3.8                | 12.5                 | 25.9             |
| Drniš                          | 14.1               | 4.3                | 12.3                 | 21.8             |
| Grab                           | 13.4               | 4.1                | 12.9                 | 20.7             |
| Sinj                           | 18.2               | 4.4                | 14.7                 | 31.1             |
| <b>Prosjek</b>                 | <b>15.1</b>        | <b>4.12</b>        | <b>13.3</b>          | <b>24.0</b>      |
| <b>Minimum</b>                 | <b>13.4</b>        | <b>3.2</b>         | <b>8.6</b>           | <b>20.3</b>      |
| <b>Maksimum</b>                | <b>22.3</b>        | <b>4.4</b>         | <b>14.7</b>          | <b>40.5</b>      |
| <b>Ukupni prosjek</b>          | <b>18.8</b>        | <b>3.8</b>         | <b>11.9</b>          | <b>31.9</b>      |
| <b>LSD (p&lt;0.05)</b>         | <b>2.80</b>        | <b>0.44</b>        | <b>0.80</b>          | <b>6.42</b>      |

## 4.7. Svojstva zrna

Tablica 6 prikazuje svojstva zrna kod 25 domaćih populacija kukuruza. Širina zrna svih populacija varirala je od 8.3 mm do 11.7 mm. Minimalnu vrijednost imala je populacija podrijetlom iz Bogdanovića (južna Hrvatska), dok je maksimalnu vrijednost imala populacija podrijetlom iz Đakova (istočna Hrvatska). Prema regijama, najveća prosječna vrijednost uočena je kod populacija podrijetlom iz istočne Hrvatske (9.6 mm), slijede populacija podrijetlom iz sjeverozapadne Hrvatske (9.4 mm), a najmanja prosječna vrijednost širine zrna uočena je kod populacija podrijetlom iz južne Hrvatske (8.8 mm). Ukupni prosjek pokusa za širinu zrna iznosio je 9.3 mm. Populacije prikupljene na tri lokacije u istočnoj Hrvatskoj imale su prosjek veći od ukupnog prosjeka, a ostale tri populacije prikupljene u istočnoj Hrvatskoj imale su prosjek manji od ukupnog prosjeka. Od populacija podrijetlom iz sjeverozapadne Hrvatske čak dvanaest od četrnaest populacija imalo je iznadprosječne vrijednosti, a od populacija podrijetlom iz južne Hrvatske bila je samo jedna populacija, od pet ispitanih, koja je imala vrijednost iznad prosjeka. Među populacijama podrijetlom iz istočne Hrvatske, pored maksimalne vrijednosti populacije podrijetlom iz Đakova, ističe se i populacija podrijetlom iz Starog Petrovog Sela (10.3 mm), a među populacijama podrijetlom iz sjeverozapadne Hrvatske ističu se populacije podrijetlom iz Donje Stubice (10.7 mm) te Kumrovca (10.6 mm).

Najveću prosječnu vrijednost duljine zrna imale su populacije podrijetlom iz istočne Hrvatske (10.46 mm), slijede populacije podrijetlom iz sjeverozapadne Hrvatske (9.94 mm) te populacije podrijetlom iz južne Hrvatske (9.34 mm). Pet od šest populacija podrijetlom iz istočne Hrvatske imale su vrijednosti veće od prosječne vrijednosti pokusa (9.9 mm). Sedam populacija podrijetlom iz sjeverozapadne Hrvatske bilo je iznadprosječno, a među populacijama podrijetlom iz južne Hrvatske takve su bile samo dvije populacije. Najkraće je bilo zrno populacije podrijetlom iz Graba (8.2 mm), a najdulje zrno populacije podrijetlom iz Đakova (11.5 mm).

Debljina zrna varirala je od 4.2 mm do 5.6 mm s ukupnim prosjekom od 4.8 mm. Najveću prosječnu vrijednost debljine zrna imale su populacije podrijetlom iz južne Hrvatske (5.2 mm), zatim one podrijetlom iz sjeverozapadne Hrvatske (4.8 mm), a najmanju populacije podrijetlom iz istočne Hrvatske (4.6 mm). U usporedbi s ukupnim prosjekom, samo jedna populacija podrijetlom iz istočne Hrvatske imala je prosječnu vrijednost, a ostale su ispodprosječne. Osam populacija podrijetlom iz sjeverozapadne Hrvatske imale su iznadprosječne vrijednosti, a četiri od pet populacije podrijetlom iz južne Hrvatske imale su iznadprosječne vrijednosti debljine zrna. Među populacijama podrijetlom iz južne Hrvatske ističu se populacije iz Drniša, Graba i Bogdanovića s vrijednostima debljine zrna od 5.6, 5.4, odnosno 5.3 mm.

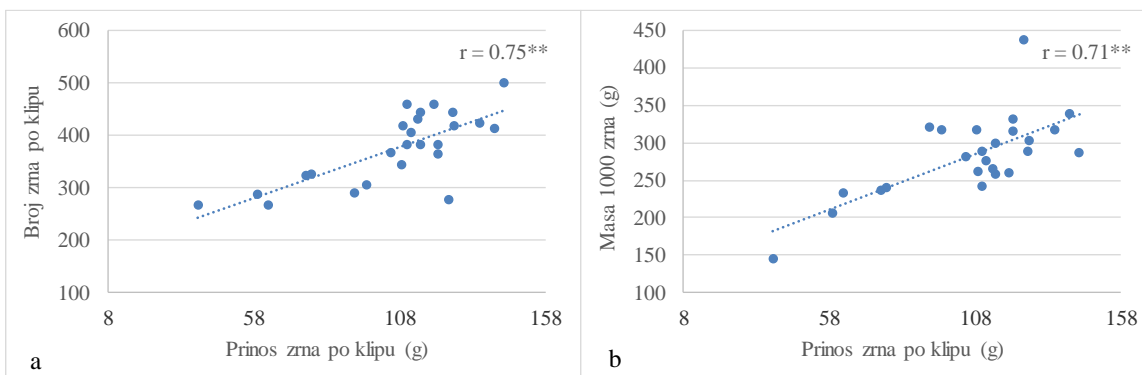
Prosječna vrijednost odnosa duljine i širine zrna kod populacija podrijetlom iz istočne Hrvatske iznosila je 1.10, kod populacija podrijetlom iz sjeverozapadne Hrvatske 1.08, a kod populacija podrijetlom iz južne Hrvatske 1.07. Kod četiri od šest populacija podrijetlom iz istočne Hrvatske uočene su vrijednosti veće od ukupnog prosjeka pokusa (1.08). Sedam populacija podrijetlom iz sjeverozapadne Hrvatske bile su iznadprosječne, dok je samo jedna populacija podrijetlom iz južne Hrvatske bila iznadprosječna.

Tablica 6. Svojstva zrna domaćih populacija kukuruza podrijetlom sa 25 lokacija u Republici Hrvatskoj, uzgojenih u Maksimiru 2019.

| Lokacija                       | Širina<br>zrna (mm) | Duljina<br>zrna (mm) | Debljina<br>zrna (mm) | Duljina/Širina<br>zrna |
|--------------------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|
| <i>Istočna Hrvatska</i>        |                     |                      |                       |                        |
| Osijek                         | 9.1                 | 11.0                 | 4.5                   | 1.22                   |
| Đakovo                         | 11.7                | 11.5                 | 4.8                   | 0.99                   |
| Kloštar Podravski              | 9.3                 | 10.4                 | 4.6                   | 1.12                   |
| Lipovljani                     | 8.4                 | 10.3                 | 4.4                   | 1.24                   |
| Staro Petrovo Selo             | 10.3                | 9.6                  | 4.6                   | 0.95                   |
| Gradište                       | 9.0                 | 9.9                  | 4.7                   | 1.11                   |
| <b>Prosjek</b>                 | <b>9.6</b>          | <b>10.46</b>         | <b>4.6</b>            | <b>1.10</b>            |
| <i>Sjeverozapadna Hrvatska</i> |                     |                      |                       |                        |
| Samoborsko gorje               | 8.8                 | 9.6                  | 4.2                   | 1.10                   |
| Donji Kraljevec                | 9.5                 | 9.6                  | 4.3                   | 1.01                   |
| Oroslavlje                     | 9.5                 | 10.7                 | 4.7                   | 1.13                   |
| Donja Stubica                  | 10.7                | 10.0                 | 5.2                   | 0.94                   |
| Gornja Stubica                 | 9.9                 | 11.0                 | 4.5                   | 1.12                   |
| Višnjevec                      | 9.0                 | 9.8                  | 4.9                   | 1.09                   |
| Desinić                        | 9.0                 | 9.6                  | 5.1                   | 1.08                   |
| Konjšćina                      | 9.0                 | 9.6                  | 5.2                   | 1.07                   |
| Kumrovec                       | 10.6                | 9.6                  | 5.1                   | 0.98                   |
| Klanjec                        | 9.0                 | 9.4                  | 4.7                   | 1.05                   |
| Krapinske Toplice              | 9.0                 | 10.3                 | 5.0                   | 1.15                   |
| Petrovsko                      | 9.1                 | 10.7                 | 4.4                   | 1.16                   |
| Sveti Križ Začretje            | 8.4                 | 9.5                  | 4.8                   | 1.13                   |
| Kraljevec na Sutli             | 9.3                 | 10.0                 | 4.9                   | 1.08                   |
| <b>Prosjek</b>                 | <b>9.4</b>          | <b>9.94</b>          | <b>4.8</b>            | <b>1.08</b>            |
| <i>Južna Hrvatska</i>          |                     |                      |                       |                        |
| Bogdanovići                    | 8.3                 | 8.6                  | 5.3                   | 1.05                   |
| Neviđane                       | 8.7                 | 9.4                  | 5.1                   | 1.08                   |
| Drniš                          | 9.5                 | 9.9                  | 5.6                   | 1.05                   |
| Grab                           | 9.0                 | 8.2                  | 5.4                   | 0.91                   |
| Sinj                           | 8.5                 | 10.6                 | 4.7                   | 1.27                   |
| <b>Prosjek</b>                 | <b>8.8</b>          | <b>9.34</b>          | <b>5.2</b>            | <b>1.07</b>            |
| <b>Minimum</b>                 | <b>8.3</b>          | <b>8.2</b>           | <b>4.2</b>            | <b>0.91</b>            |
| <b>Maksimum</b>                | <b>11.7</b>         | <b>11.5</b>          | <b>5.6</b>            | <b>1.27</b>            |
| <b>Ukupni prosjek</b>          | <b>9.3</b>          | <b>9.9</b>           | <b>4.8</b>            | <b>1.08</b>            |
| <b>LSD (p&lt;0.05)</b>         | <b>0.49</b>         | <b>0.76</b>          | <b>0.51</b>           | <b>0.107</b>           |

#### 4.8. Korelacije prinosa zrna po klipu s komponentama prinosa, svojstvima klipa i nutritivnim svojstvima

Na grafu 3 (a i b) prikazane su korelacije prinosa zrna po klipu s komponentama prinosa kod 25 domaćih populacija kukuruza. Snažna pozitivna korelacija utvrđena je između broja zrna po klipu i prinosa zrna po klipu ( $r=0.75^{**}$ ), kao i između mase 1000 zrna i prinosa zrna po klipu ( $r=0.71^{**}$ ).



Graf 3. Korelacije prinosa zrna po klipu s komponentama prinosa, brojem zrna po klipu (a) i masom 1000 zrna (b) kod 25 domaćih populacija kukuruza. Maksimir, 2019.

Tablica 7 prikazuje korelaciju između prinosa zrna po klipu i komponenti prinosa (broj zrna po klipu i masa 1000 zrna) sa svojstvima klipa. Prinos zrna po klipu bio je u snažnoj pozitivnoj korelaciji s duljinom klipa i brojem zrna u redu ( $r=0.74^{**}$ , odnosno  $0.81^{**}$ ). Broj zrna po klipu je bio u umjerenoj pozitivnoj korelaciji s duljinom klipa, brojem redova na klipu i brojem zrna u redu, dok je masa 1000 zrna bila u umjerenoj pozitivnoj korelaciji s duljinom klipa i brojem zrna u redu te umjerenoj negativnoj korelaciji s brojem redova na klipu. S druge strane, niti jedna od komponenti prinosa nije bila u signifikantnoj korelaciji s promjerom klipa. Parametri klipa su bili u međusobnim umjerenim (pozitivnim i negativnim) korelacijama, a najjaču povezanost utvrđena je između duljine klipa i broja zrna u redu ( $r=0.90^{**}$ ).

Tablica 7. Korelacija između prinosa zrna po klipu i komponenti prinosa sa svojstvima klipa

|                      | Duljina klipa |    | Promjer klipa |    | Broj redova na klipu |    | Broj zrna u redu |    |
|----------------------|---------------|----|---------------|----|----------------------|----|------------------|----|
| Prinos zrna po klipu | 0.74          | ** | -0.12         | ns | -0.13                | ns | 0.81             | ** |
| Broj zrna po klipu   | 0.52          | ** | 0.08          | ns | 0.38                 | *  | 0.68             | ** |
| Masa 1000 zrna       | 0.58          | ** | -0.24         | ns | -0.61                | ** | 0.50             | ns |
| Duljina klipa        |               |    | -0.58         | ** | -0.49                | *  | 0.90             | ** |
| Promjer klipa        |               |    |               |    | 0.64                 | ** | -0.46            | *  |
| Broj redova na klipu |               |    |               |    |                      |    | -0.41            | *  |

ns, \*, \*\* korelacijski koeficijent nesigifikantan odnosno sigifikantan kod  $P < 0.05$  i  $P < 0.01$

U tablici 8 su prikazane korelacije između prinosa zrna po klipu i komponenti prinosa, s nutritivnim svojstvima. Sve korelacije između prinosa zrna po klipu, broja zrna po klipu i masa 1000 zrna sa sadržajem proteina su umjerene negativne korelacije ( $r = -0.58^{**}$ ,  $r = -0.41^*$ ,  $r = -0.45^*$ ). S druge strane, korelacije sadržaja ulja s prinosom i komponentama prinosa (broj zrna po klipu i masa 1000 zrna) su zanemarive i nesigifikantne ( $r = -0.14$  ns,  $r = 0.07$  ns,  $r = -0.27$  ns). Iz tablice je vidljivo da su korelacije između prinosa zrna po klipu i mase 1000 zrna sa sadržajem škroba umjerene pozitivne ( $r = 0.45^*$ ,  $r = 0.54^{**}$ ), a korelacija između broja zrna po klipu i sadržaja škroba neznatna ( $r = 0.14$  ns). Promotrite li se korelacije između prinosa zrna po klipu i ostalih dviju komponenti prinosa s gustoćom zrna, vidljivo je da su sve korelacije negativnog predznaka. Korelacije između prinosa zrna po klipu i mase 1000 zrna sa gustoćom zrna su umjereno negativne, a između broja zrna po klipu i gustoće zrna nema korelacije.

Tablica 8. Korelacija između prinosa zrna po klipu i komponenti prinosa s nutritivnim svojstvima

|                      | Sadržaj proteina |    | Sadržaj ulja |    | Sadržaj škroba |    | Gustoća zrna |    |
|----------------------|------------------|----|--------------|----|----------------|----|--------------|----|
| Prinos zrna po klipu | -0.58            | ** | -0.14        | ns | 0.45           | *  | -0.34        | ns |
| Broj zrna po klipu   | -0.41            | *  | 0.07         | ns | 0.14           | ns | -0.03        | ns |
| Masa 1000 zrna       | -0.45            | *  | -0.27        | ns | 0.54           | ** | -0.50        | *  |

ns, \*, \*\* korelacijski koeficijent nesigifikantan odnosno sigifikantan kod  $P < 0.05$  i  $P < 0.01$



#### 4.9. Korelacija između svojstava zrna i nutritivnih svojstava

U tablici 9 su prikazane korelacije između svojstava zrna i nutritivnih svojstava. Korelacije između širine zrna i nutritivnih svojstava nisu bile signifikantne. Duljina zrna ima nešto jaču povezanost s nutritivnim svojstvima. Sve korelacije između duljine zrna i nutritivnih svojstava su umjerene ( $r=-0.49^*$ ,  $r=0.52^{**}$ ,  $r=-0.52^{**}$ ), osim one sa sadržajem ulja koja je slaba i nesignifikantna ( $r=-0.29$  ns). Korelacija duljine zrna sa sadržajem proteina i gustoćom zrna je bila negativna, a ona sa sadržajem škroba pozitivna. Korelacije između debljine zrna i nutritivnih svojstava nisu bile signifikantne. Korelacija između odnosa duljina/širina zrna i sadržaja proteina je bila umjereno negativna ( $r=-0.45^*$ ), dok korelacije odnosa duljina/širina zrna s ostalim nutritivnim svojstvima nisu bile signifikantne.

Tablica 9. Korelacija između svojstava zrna i nutritivnih svojstava

|                     | Sadržaj proteina |    | Sadržaj ulja |    | Sadržaj škroba |    | Gustoća zrna |    |
|---------------------|------------------|----|--------------|----|----------------|----|--------------|----|
| Širina zrna         | -0.06            | ns | -0.24        | ns | 0.36           | ns | -0.34        | ns |
| Duljina zrna        | -0.49            | *  | -0.29        | ns | 0.51           | ** | -0.52        | ** |
| Debljina zrna       | 0.33             | ns | -0.11        | ns | -0.22          | ns | 0.17         | ns |
| Duljina/širina zrna | -0.45            | *  | -0.08        | ns | 0.20           | ns | -0.18        | ns |

ns, \*, \*\* korelacijski koeficijent nesignifikantan odnosno signifikantan kod  $P<0.05$  i  $P<0.01$

## 5. Zaključak

Cilj ovog rada bio je utvrditi nutritivni sastav zrna te povezanost nutritivnog sastava i morfoloških karakteristika klipa i zrna kod 25 domaćih populacija kukuruza.

Prema rezultatima analize varijance utvrđene su signifikantne razlike između 25 domaćih populacija kukuruza za sadržaj škroba u zrnu i gustoću zrna, dok su za sva ostala nutritivna svojstva, kao i prinos i komponente prinosa te svojstva klipa i zrna utvrđene visoko signifikantne razlike između populacija. Koeficijent varijabilnosti dvaju svojstava iz skupine nutritivnih svojstava zrna - gustoća zrna i sadržaj škroba u zrnu, bio je vrlo nizak te je iznosio između 1 i 1.8%. Druge dvije komponente te skupine - sadržaj proteina i sadržaj ulja u zrnu, imale su nešto veće vrijednosti koeficijenta varijabilnosti, oko 9%.

Rezultati istraživanja nutritivnih svojstava zrna su pokazali najveći prosječni sadržaj proteina kod populacija podrijetlom iz južne Hrvatske (12.3%). Sadržaj ulja je također bio najveći kod populacija podrijetlom iz južne Hrvatske (6.7%), dok je sadržaj škroba bio najveći kod populacija podrijetlom iz istočne Hrvatske (65.9%).

Analizom korelacija između nutritivnih svojstava zrna utvrđena je pozitivna korelacija između sadržaja proteina i sadržaja ulja u zrnu, dok je korelacija između svakog od navedenih dvaju svojstava i sadržaja škroba u zrnu bila snažno negativna. Povećana gustoća zrna bila je povezana s povećanim postotkom proteina u zrnu te smanjenim postotkom škroba u zrnu.

Korelacije između svojstava zrna i nutritivnih svojstava nisu bile signifikantne. Jedine signifikantne korelacije bile su između duljine zrna i nutritivnih svojstava zrna te odnosa duljina/širina zrna i sadržaja proteina u zrnu.

## 6. Popis literature

1. Al-Naggar A.M.M., Atta M.M.M., Ahmed M.A., Younis A.S.M. (2016). Grain protein, oil and starch contents and yields of maize (*Zea mays* L.) as affected by deficit irrigation, genotype and their interaction. *International Journal of Plant & Soil Science*. 10(1): 1-21
2. CIMMYT, IBPGR. (1991). Descriptors for Maize. International Maize and Wheat Improvement Centre. Rim; International Board for Plant Genetic Resources. Mexico City
3. FAO (2019). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/home/en/> – pristup 18.07.2021.
4. Grbeša D. (2008). Bc hibridi kukuruza u hranidbi životinja. Bc Institut za oplemenjivanje i proizvodnju bilja. Zagreb  
[https://bc-institut.hr/wp-content/uploads/2017/10/Grbesa\\_Hranidbena-svojsta-kukuruza\\_web.pdf](https://bc-institut.hr/wp-content/uploads/2017/10/Grbesa_Hranidbena-svojsta-kukuruza_web.pdf) – pristup 5.03.2021.
5. Hallauer A.R., Canera M.J., Miranda J.B. (1988). Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State Univ Press. Ames
6. Hartings H., Berardo N., Mazzinelli G. F., Valoti P., Verderio A., Motto M. (2008). Assessment of genetic diversity and relationships among maize (*Zea mays* L.) Italian landraces by morphological traits and AFLP profiling. *Theoretical and applied genetics*. 117(6): 831-842
7. Ignjatović-Mićić D., Vančetović J., Trbović D., Dumanović Z., Kostadinović M., Božinović S. (2015). Grain nutrient composition of maize (*Zea mays* L.) drought-tolerant populations. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 63(4): 1251-1260
8. Jaradat A.A., Goldstein W. (2013). Diversity of maize kernels from a breeding program for protein quality: I. Physical, biochemical, nutrient, and color traits. *Crop Science*. 53(3): 956
9. Kumar A., Kumari J., Rana J.C., Chaudhary D.P., Kumar R., Singh H., Singh T.P., Dutta M. (2015). Diversity among maize landraces in north west Himalayan region of India assessed by agro-morphological and quality traits. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding* 75(2): 188-195
10. Mladenović Drinić S., Dragičević V., Filipović M., Kovačević D. (2013). Variranje sadržaja proteina, ulja i škroba u ZP inbred linijama kukuruza. *Selekcija i semenarstvo*. 19(2): 61-69
11. Ruiz de Galarreta J.I., Alvarez A. (2001). Morphological classification of maize landraces from northern Spain. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 48(4): 391-400
12. SAS Institute (2013). The SAS system for Windows, Release 9.4., SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
13. Svečnjak Z. (2007). Prinos i kvaliteta vlažnog zrna i klipa kukuruza u optimalnim i naknadnim rokovima sjetve. *Mljekarstvo*. 57(4): 321-335
14. Šatović, F. (1984). Kukuruz u prošlosti i sadašnjosti. *Bilten Poljodobra* 3: 12-17

15. Ünlü E., Mutlu E., Polat M., Çeri S., Kahrıman F. (2018). Diversity among Turkish maize landraces based on protein band analyses and kernel biochemical properties. *Journal of Crop Improvement*. 32(2): 175-187
16. Vázquez-Carrillo G., García-Lara S., Salinas-Moreno Y., Bergvinson D.J., Palacios-Rojas N. (2011). Grain and tortilla quality in landraces and improved maize grown in the highlands of Mexico. *Plant Foods Hum Nutr*. 66: 203–208
17. Vukobratović M., Pintić-Pukec N., Samobor V., Vukobratović Ž., Pintić V., Kalember Đ. (2008). Utjecaj gnojidbe na urod, kemijski sastav i hranidbenu vrijednost klipa i zrna kukuruza. *Krmiva* 50 (3): 137-145