

UNIVERZITET SINGIDUNUM
BEOGRAD
DEPARTMAN ZA POSLEDIPLOMSKE STUDIJE

DOKTORSKA DISERTACIJA

**MOGUĆNOST ODRŽIVE PROIZVODNJE KVINOJE I
HELJDE NA PLODNOM I UMERENO DEGRADIRANOM
POLJOPRIVREDNOM ZEMLJIŠTU U VOJVODINI**

MENTOR:

Prof. dr Gordana Dražić

STUDENT: Tatjana Vijatov

BROJ INDEKSA: 485076/2019

Beograd, 2023. god

SINGIDUNUM UNIVERSITY
BELGRADE
DEPARTMENT FOR POSTGRADUATE STUDIES

DOCTORAL DISSERTATION

**THE POSSIBILITY OF SUSTAINABLE PRODUCTION OF
QUINOA AND BUCKWHEAT CROPS ON FERTILE AND
MODERATELY DEGRADED LAND IN VOJVODINA**

MENTOR:

Prof. Dr. Gordana Dražić

STUDENT: Tatjana Vijatov

INDEX NUMBER: 485076/2019

Belgrade, 2023

Mentor:

Prof. dr Gordana Dražić

Redovni profesor Univerziteta Singidunum u Beogradu

Članovi komisije:

Prof. dr Jelena Milovanović

Redovni profesor Univerziteta Singidunum u Beogradu

Doc. dr Jela Ikanović

Viši naučni saradnik Univerziteta u Beogradu – Poljoprivrednog fakulteta

Datum odbrane: _____

Zahvalnica

Doktorska disertacija „Mogućnost održive proizvodnje kvinoje i heljde na plodnom i umereno degradiranom poljoprivrednom zemljištu u Vojvodini“ predstavlja vrhunac mog dosadašnjeg rada.

Zahvalila bih se svima onima koji su me podržali na mom putu ka uspehu.

Najveću zahvalnost dugujem svom mentoru prof. dr Gordani Dražić, redovnom profesoru Univerziteta Singidunum, na ukazanom poverenju, strpljivosti, nesebičnoj pomoći i savetima koji su bili presudni da ovo delo ugleda svetlost dana.

Zahvaljujem se i prof. dr Jeleni Milovanović, redovnom profesoru Univerziteta Singidunum, čije je angažovanje u komisiji značajno unapredilo ovu doktorsku disertaciju.

Veoma sam zahvalna i dr Jeli Ikanović, višem naučnom saradniku Poljoprivrednog fakulteta u Beogradu, na pruženoj pomoći u eksperimentalnom delu istraživanja.

Posebnu zahvalnost dugujem dr Filipu Jovanoviću, naučnom saradniku Instituta za šumarstvo Beograd, za statističku obradu podataka, tumačenje rezultata, konstruktivne sugestije i savete koji su mi bili od velikog značaja od samog početka istraživanja i pisanja doktorske disertacije.

Takođe, zahvaljujem se majci i ocu na neprestanom razumevanju i podršci tokom trajanja doktorskih studija.

Najzad, ono što me je inspirisalo i dalo istrajnost u ključnim trenucima da ovaj rad završim jeste ljubav mojih ćerki Simone i Sofije.

Autor

APSTRAKT

U trogodišnjem periodu, izvedeni su poljski ogledi i ispitan je efekat agroekoloških prilika južnog Banata i Srema na morfološko-produktivne odlike dveju alternativnih ratarskih kultura – kvinoje i heljde. Poljski ogledi su postavljeni na dva lokaliteta, odnosno, dva tipa zemljišta, koja su ujedno predstavljala i različite podloge u smislu očuvanosti zemljišta (plodna livadska crnica u Novoj Pazovi i umereno degradirana ritska crnica u Ilandži). Obavljena su laboratorijska ispitivanja agrohemijskih osobina zemljišta i praćeni su klimatski činioci od najvećeg uticaja na razviće i prinos useva. Nakon primene standardne tehnologije proizvodnje, na oba lokaliteta su proučavana variranja u visini jedinki, količini biomase i prinosa kvinoje i heljde, pod uticajem pedoloških uslova i klimatskih prilika na oglednim lokalitetima. Dobijeni rezultati su potvrdili pretpostavku da je uspešna i održiva proizvodnja kvinoje i heljde, kao biološki visokovredne hrane, moguća i u oblastima van njihovog primarnog areala, u uslovima trenutno vladajućih klimatskih činilaca Vojvodine. Pored toga, potvrđeno je da se umereno degradirano zemljište može uspešno koristiti za održivu proizvodnju visokovredne hrane i bez prethodne primene agromeliorativnih mera, pri čemu prednost treba dati proizvodnji heljde koja je na zemljištu smanjenog kvaliteta bila uspešnija od proizvodnje kvinoje. Određenije, razlike u količini biomase i prinosa zrna heljde u različitim pedološkim uslovima su bile značajno manje od razlika u istim produktivnim osobinama kvinoje, dok je obrnuti slučaj kada je reč o visini jedinki kod ovih dveju vrsta. Ustanovljeno je da prinos i količina dobijene biomase kvinoje i heljde zavise od plodnosti zemljišta, u tom smislu da se usevi ovih dveju alternativnih ratarskih kultura proizvedeni na plodnom zemljištu odlikuju većim prinosom i biomasom od onih proizvedenih na delimično degradiranom zemljištu, što se odnosi i na visinu jedinki heljde, dok visina jedinki kvinoje ne zavisi od pedoloških uslova. Visina jedinki i količina dobijene biomase heljde i kvinoje zavise od uslova koji su vladali u određenoj vegetacijskoj sezoni, što se odnosi i na prinos heljde, dok to nije slučaj sa kvinojom. Plodnost zemljišta i uslovi u

vegetacijskoj sezoni utiču na prinos i biomasu heljde i kvinoje, i postoji statistički značajna interakcija ovih dvaju faktora na biomasu heljde i obe produktivne osobine kvinoje. Plodnost zemljišta i visina jedinki utiču na prinos kvinoje i sama plodnost zemljišta utiče na biomasu heljde i kvinoje, dok plodnost zemljišta i visina jedinki ne utiču na prinos heljde. U skladu sa navodima u literaturi, konstatovano je da prinos heljde najviše zavisi od količine padavina u početnim fenofazama razvoja, dok prinos kvinoje zavisi od fizičkih i hemijskih osobina zemljišta i drugih faktora sredine. Najzad, iako su prinos zrna i biomasa proučavanih alternativnih useva manji od prinosa i biomase konvencionalnih kultura, njihovo zrno je sličnog hemijskog sastava kao zrno prosolikih i pravih žita i sadrži veće procentalno učešće proteina, mineralnih soli i biljnih vlakana, dok im se nizak prinos zrna može kompenzovati višom prodajnom cenom. Rezultati istraživanja značajno doprinose poznavanju uslova u kojima je moguće ostvariti održivu proizvodnju heljde i kvinoje u Vojvodini, a njihov praktični značaj ogleda se u predlaganju mogućih rešenja za problem uspostavljanja održive proizvodnje visokovredne hrane, kao i zadovoljenje potrebe savremenog društva za ekološkim pristupom u snadbevanju hranom.

Ključne reči: kvinoja, heljda, morfološko-produktivne osobine, Vojvodina, agroekološki uslovi, održiva poljoprivredna proizvodnja, biološki visokovredna hrana

ABSTRACT

Over a period of three years, field trials were conducted to examine the influence of agro-ecological conditions in the southern Banat and Srem region on the morphological and productive characteristics of two alternative field crops - quinoa and buckwheat. The field trials were established in two sites, i.e. on two types of soil, representing also different substrates in terms of soil condition (fertile meadow black soil in Nova Pazova and moderately degraded marshy black soil in Ilandža). Laboratory analyzes of the agrochemical properties of these soils were performed and climate factors of the greatest influence on the crop development and yield were monitored. After implementing standard production technology, variations in the plant height, the amount of biomass and the yield of quinoa and buckwheat under the influence of pedological conditions and climatic conditions at both locations were studied. The obtained results confirmed the hypothesis that successful and sustainable production of quinoa and buckwheat, as biologically high-value food, is possible in areas outside their primary range, under the conditions of the current climatic factors in Vojvodina. Moreover, it was confirmed that moderately degraded soil can be successfully used for the sustainable production of high-value food even without prior application of agromelioration measures, whereby priority should be given to the production of buckwheat, which was more successful than the production of quinoa on a lower quality soil. More specifically, the differences in the amount of biomass and yield of buckwheat grains in different pedological conditions were significantly smaller than the differences in the same productive characteristics of quinoa. However, it is the opposite case when it comes to the plant height of these two species. It was established that the yield and amount of biomass obtained from quinoa and buckwheat depend on the fertility of the soil, as these two alternative agricultural crops produce a higher yield and biomass on fertile soil than on the moderately degraded soil, and this also applies to the plant height of buckwheat, whereas the plant height of quinoa is not dependent on pedological conditions. The plant height and the

amount of obtained biomass of buckwheat and quinoa depend on the conditions prevailing during a particular growing season, which also applies to the yield of buckwheat, while this is not the case with quinoa. Soil fertility and conditions in the growing season affect the yield and biomass of buckwheat and quinoa, and there is a statistically significant interaction of these two factors on buckwheat biomass and both productive properties of quinoa. Soil fertility and plant height affect quinoa yield, and soil fertility itself affects the buckwheat and quinoa biomass, while soil fertility and plant height do not affect the buckwheat yield. In accordance with the literature data, the yield of buckwheat was found to be mostly dependent on the amount of precipitation in the initial phenophases of development, while the yield of quinoa depends on the physical and chemical properties of the soil and other environmental factors. Finally, although the grain yield and biomass of the studied alternative crops are lower than the yield and biomass of conventional crops, their grain is similar in chemical composition to the small and millet grains, containing a higher percentage of protein, mineral salts and fibers, while their low grain yield can be offset by a higher selling price. The research results significantly contribute to the knowledge of the conditions under which it is possible to achieve sustainable production of buckwheat and quinoa in Vojvodina, and their practical significance is reflected in proposing possible solutions to the problem of establishing sustainable production of high-value food, as well as meeting the needs of the modern society for an ecological approach to the food supply.

Keywords: quinoa, buckwheat, morphological and productive characteristics, Vojvodina, agro-ecological conditions, sustainable agricultural production, biologically high-value food

SADRŽAJ

Spisak tabela	
Spisak slika	
UVOD	1
1. PREDMET ISTRAŽIVANJA.....	4
1.1. Biološke, tehnološke i nutritivne karakteristike heljde i kvinoje	4
1.2. Značaj očuvanosti poljoprivrednog zemljišta za održivu proizvodnju useva.....	14
1.3. Pregled prethodnih istraživanja	21
2. POLAZNE HIPOTEZE I CILJEVI RADA	28
3. MATERIJALI I METODE	30
3.1. Opis oglednih lokaliteta.....	30
3.1.1. Klimatske karakteristike	34
3.1.2. Agrohemijska analiza zemljišta.....	34
3.2. Metode analiza zemljišta	35
3.3. Metoda poljskog ogleđa	36
3.4. Statistička obrada podataka	37
3.5. Komparativna i sintetička analiza.....	37
4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA	38
4.1. Klimatske karakteristike	38
4.2. Analiza zemljišta	39
4.3. Analiza uticaja agroekoloških činilaca i varijabilnost morfološko-produktivnih osobina heljde i kvinoje na lokalitetima u Vojvodini	40
4.4. Komparativna analiza produktivnih osobina kvinoje i heljde i literaturnih podataka konvencionalnih useva	57
4.5. Analiza mogućnosti održive proizvodnje visokovredne hrane na degradiranom zemljištu	58
5. DISKUSIJA	67
6. ZAKLJUČCI	75

LITERATURA	78
PRILOZI.....	97

SPISAK TABELA

Tabela 1. Prosečne temperature vazduha ($^{\circ}\text{C}$) na oglednim lokalitetima

Tabela 2. Mesečne količine padavina (mm) na oglednim lokalitetima

Tabela 3. Agrohemijske osobine zemljišta na oglednom polju u Novoj Pazovi

Tabela 4. Agrohemijske osobine zemljišta na oglednom polju u Ilandži

Tabela 5. Analiza varijanse za visinu jedinki (cm) heljde na plodnom i degradiranom zemljištu

Tabela 6. Analiza varijanse za prinos (kg ha^{-1}) heljde na plodnom i degradiranom zemljištu

Tabela 7. Analiza varijanse za biomasu (kg ha^{-1}) heljde na plodnom i degradiranom zemljištu

Tabela 8. Analiza varijanse za visinu jedinki (cm) heljde između istraživačkih godina

Tabela 9. Analiza varijanse za prinos (kg ha^{-1}) heljde između istraživačkih godina

Tabela 10. Analiza varijanse za biomasu (kg ha^{-1}) heljde između istraživačkih godina

Tabela 11. Analiza varijanse za visinu jedinki (cm) kvinoje na plodnom i degradiranom zemljištu

Tabela 12. Analiza varijanse za prinos (kg ha^{-1}) kvinoje na plodnom i degradiranom zemljištu

Tabela 13. Analiza varijanse za biomasu (kg ha^{-1}) kvinoje na plodnom i degradiranom zemljištu

Tabela 14. Analiza varijanse za visinu jedinki (cm) kvinoje između istraživačkih godina

Tabela 15. Analiza varijanse za prinos (kg ha^{-1}) kvinoje između istraživačkih godina

Tabela 16. Analiza varijanse za biomasu (kg ha^{-1}) kvinoje između istraživačkih godina

Tabela 17. Dvofaktorska analiza varijanse za prinos (kg ha^{-1}) heljde u zavisnosti od zemljišta i istraživačke godine

Tabela 18. Dvofaktorska analiza varijanse za prinos (kg ha^{-1}) heljde u zavisnosti od zemljišta i visine jedinki

Tabela 19. Dvofaktorska analiza varijanse za biomasu (kg ha^{-1}) heljde u zavisnosti od zemljišta i istraživačke godine

Tabela 20. Dvofaktorska analiza varijanse za biomasu (kg ha^{-1}) heljde u zavisnosti od zemljišta i visine jedinki

Tabela 21. Dvofaktorska analiza varijanse za prinos (kg ha^{-1}) kvinoje u zavisnosti od zemljišta i istraživačke godine

Tabela 22. Dvofaktorska analiza varijanse za prinos (kg ha^{-1}) kvinoje u zavisnosti od zemljišta i visine jedinki

Tabela 23. Dvofaktorska analiza varijanse za biomasu (kg ha^{-1}) kvinoje u zavisnosti od zemljišta i istraživačke godine

Tabela 24. Dvofaktorska analiza varijanse za biomasu (kg ha^{-1}) kvinoje u zavisnosti od zemljišta i visine jedinki

Tabela 25. Uporedni prikaz prinosa i biomase kvinoje i heljde i pojedinih pravih žitarica (u kg ha^{-1})

Tabela 26. Uporedni prikaz hemijskog sastava zrna kvinoje i heljde i pojedinih pravih i prosolikih žitarica (u procentima suve materije)

Tabela 27. Dekriptivna statistika (N – broj merenja, MIN – minimalna vrednost, MAX – maksimalna vrednost, \bar{X} – srednja vrednost, SD – standardna devijacija, CV – koeficijent varijacije), ANOVA (F-količnik, p vrednost) i faktorske vrednosti u analizi osnovnih komponenti (PC1, PC2) za visinu, biomasu i prinos heljde i kvinoje u Vojvodini

Tabela 28. Uporedni prikaz vrednosti za morfološko-produktivne osobine kvinoje i heljde na osnovu rezultata na oglednim poljima u Vojvodini i literaturnih podataka

SPISAK SLIKA

Slika 1. Nadzemna morfologija biljke heljda (*Fagopyrum esculentum* Moench.)

Slika 2. Nadzemna morfologija biljke kvinoja (*Chenopodium quinoa* Will.)

Slika 3. Izgled zrna (semena) kvinoje

Slika 4. AP Vojvodina, severni deo Republike Srbije

Slika 5. Okruzi AP Vojvodine

Slika 6. Lokacije oglednih polja (Nova Pazova i Ilandža)

Slika 7. Pravougaoni dijagrami osnovnih statističkih parametara za (A) visinu jedinki (cm), (B) prinos (kg ha^{-1}) i (C) biomasu (kg ha^{-1}) heljde na (1) plodnom i (2) degradiranom zemljištu

Slika 8. Pravougaoni dijagrami osnovnih statističkih parametara za A) visinu jedinki (cm), (B) prinos (kg ha^{-1}) i (C) biomasu (kg ha^{-1}) heljde po istraživačkim godinama

Slika 9. Pravougaoni dijagrami osnovnih statističkih parametara za (A) visinu jedinki (cm), (B) prinos (kg ha^{-1}) i (C) biomasu (kg ha^{-1}) kvinoje na (1) plodnom i (2) degradiranom zemljištu

Slika 10. Pravougaoni dijagrami osnovnih statističkih parametara za A) visinu jedinki (cm), (B) prinos (kg ha^{-1}) i (C) biomasu (kg ha^{-1}) kvinoje po istraživačkim godinama

Slika 11. Pravougaoni dijagrami osnovnih statističkih parametara za visinu jedinki (A), biomasu (B) i prinos (C) heljde i kvinoje na plodnom (1) i degradiranom zemljištu (2)

Slika 12. Dvodimenzionalni prikazi distribucije tačaka u analizi osnovnih komponenti (PCA) za dve vrste alternativnih žita (grupa levo – kvinoja, grupa desno – heljda) zasnovani na visini jedinki, proizvedenoj biomasu i prinosu na plodnom (1) i degradiranom zemljištu (2)

Slika 13. Dendrogram koji prikazuje odnose između dve vrste alternativnih žita (I – kvinoja, II – heljda), na osnovu njihove visine, proizvedene biomase i prinosa tokom tri uzastopne godine (2017–2019) na plodnom (a) i degradiranom zemljištu (b)

UVOD

Ciljem održivog razvoja br. 2 (SDG2) teži se ukidanju gladi, sigurnosti u snadbevanju stanovništva hranom, poboljšanju ishrane, kao i promovisanju održive poljoprivrede (United Nations, 2015). Osnov za proizvodnju visokovredne hrane je očuvanost zemljišta, koja doprinosi lokalnoj i globalnoj sigurnosti u snadbevanju stanovništva hranom (Rojas et al., 2016). Smatra se da je čak 93% prehrambenih proizvoda kojima se snadbeva moderno društvo uslovljeno upravo plodnošću poljoprivrednih zemljišta. Zbog toga je zabrinjavajuća činjenica da se površine pod plodnim zemljištima sve više smanjuju, dok svetska populacija raste (Kalandadze et al., 2020). Procenjuje se da će do 2050. god. biti potrebno uvećanje globalne proizvodnje hrane i pratećih ekosistemskih usluga za 60% (Rojas et al., 2016). S druge strane, u poslednje vreme se sve više uvećava površina pod degradiranim zemljištem, čime se smanjuje njegov proizvodni potencijal, a time i količina upotrebnih proizvoda (Ivanišević et al., 2011). Trećina zemljišta u svetu je danas pod umerenim ili intezivnim degradacionim procesima (Rojas et al., 2016). Degradacija zemljišta se odvija kao rezultat uticaja brojnih činilaca, kako prirodnih tako i onih izazvanih ljudskom aktivnošću, među kojima kao najbitnije treba pomenuti sledeće: smanjenje organske materije, erozija, povećanje količine opasnih i štetnih materija, zakišeljavanje, salinizacija i alkalizacija, promene namene korišćenja, plavljenje i smanjenje biodiverziteta (Ivanišević et al., 2011). Dakle, jedan od ograničavajućih faktora u ostvarenju pomenutog cilja jeste degradacija zemljišta, koja negativno utiče na poljoprivrednu proizvodnju, životnu sredinu i sigurnost u snadbevanju stanovništva hranom (Eswaran et al., 2001). Održivom poljoprivrednom proizvodnjom smatra se eko-efikasna proizvodnja visokovredne i kvalitetne hrane, uz minimalno korišćenje zemljišta i minimalno ulaganje sredstava (EASAC, 2011).

Veliki doprinos sigurnosti u snabdevanju stanovništva hranom i unapređenju ishrane ima diverzifikacija, koja, sem toga, može povoljno uticati na plodnost zemljišta i kontrolu štetočina u poljoprivrednoj proizvodnji. Otuda, kao jedan od načina doprinosa održivoj poljoprivredi može poslužiti upotreba pseudožitarica u ishrani, to jest, introdukovanje novih ili zapostavljenih ratarskih kultura u poljoprivrednu proizvodnju, kao što su heljda i kvinoja (Dražić et al., 2013). Alternativne ratarske kulture ponovo dobijaju na značaju, s modernim promenama u ljudskoj ishrani. Razlog tome su dve njihove prednosti u odnosu na konvencionalne ratarske kulture. Prve svega, alternativna žita se odlikuju velikom hranljivošću osnovnog proizvoda – zrna koje se upotrebljava u pripremi skrobno-proteinske hrane – dok se njihovi sekundarni proizvodi (delovi stabla i listovi) primenjuju u različitim industrijskim sektorima. Druga njihova značajna prednost je to što ona ispoljava visoku otpornost na uslove uspevanja (zemljište i klimu), te se može uspešno uzgajati pri različitim sredinskim prilikama i na različitim lokacijama. Pored toga, u poređenju sa mnogim ratarskim biljkama, alternativna žita su tolerantnija na zagađenje životne sredine (Radovanović, 2020); većina ovih žita se može vrlo uspešno gajiti i na degradiranim zemljištima (Ikanović et al., 2015). Njihova tehnološka prednost ogleda se u kratkom vegetacionom periodu, što daje mogućnost da se gaje i kao postrni usevi, uvećavajući na taj način ukupnu proizvodnju na poljoprivrednim površinama u toku godine (Radovanović, 2020). Tokom vegetacijske sezone, podložne su napadu samog malog broja štetnih insekata, zbog čega je ove kulture jednostavno odgajiti i u sistemu održive i organske poljoprivredne proizvodnje. Kako ne sadrže gluten, svrstavaju se u prehrambene proizvode koje mogu koristiti osobe sa celijakijom (Jevđović et al., 2012). Heljda i kvinoja su vredne prehrambene namirnice, koje velikim delom mogu zadovoljiti dnevne ljudske potrebe za nezamenljivim aminokiselinama, pa je preporučljivo inkorporirati ih u različite dijetetske proizvode koji mogu doprineti zdravlju ljudi ukoliko se redovno konzumiraju (Glamočlija et al., 2010b).

Razvoj poljoprivrede podrazumeva pružanje podrške proizvođačima – uz oslanjanje na raznovrsne resurse. Pritom, pored obezbeđivanja zaštite, primene najsavremenijih tehnologija, kontrole štetočina, kao i diverzifikacije useva, neophodno je i stimulisanje naučnih istraživanja u ovoj oblasti. Strategija poljoprivrede i ruralnog razvoja Republike Srbije za period 2014–2024. godina jednim od svojih ciljeva, između ostalog, podrazumeva efikasnije korišćenje zemljišta slabijeg kvaliteta. Navedeno, kao i činjenica da se kvinoja i heljda smatraju hranom budućnosti u borbi protiv gladi (FAO, 2018), opredelili su predmet istraživanja u ovoj doktorskoj disertaciji.

1. PREDMET ISTRAŽIVANJA

Predmet istraživanja u ovog doktorskoj disertaciji je ispitivanje mogućnosti održive proizvodnje biološki visokovredne hrane, vrsta kvinoje i heljde, na plodnom poljoprivrednom kao i umereno degradiranom zemljištu – u oblasti koja nije njihov prirodni areal.

1.1. Biološke, tehnološke i nutritivne karakteristike heljde i kvinoje

Heljda (*Fagopyrum esculentum* Moench) jednogodišnja je biljka iz botaničke porodice Polygonaceae. Odlikuje se srednje razvijenim, vretenastim korenovim sistemom, sa dobro razvijenim bočnim korenovima. Dopire do dubine od 90–120 cm, pri čemu se veći deo mase korenovog sistema (preko 85%) nalazi na dubini od 20–30 cm. Stablo je uspravno, šuplje, često crvenkaste boje što potiče od pigmenta antocijanina. U zrelosti, ono postaje smeđe do tamnoljubičasto. Visina stabla je 30–300 cm. List je prost, ima lisnu dršku i široke liske sroljasto-trouglastog ili kopljastog oblika. Gornji listovi su sedeći, smešteni jedan nasuprot drugoga, a donji su prošireni u vidu jezička koji obuhvata stabljiku i na taj način sprečava ulazak prašine, vode i mikroorganizama u prostor između lisnog rukavca i stabljike. Za cvetove je karakteristična heterostilija-različita dužina prašnika i tučka. Biljka je dimorfna sa dve vrste cvetova (sa tučkom dužim od prašnika, kao i sa tučkom kraćim od prašnika) (Adachi i Yamaguchi, 1989). Oplodnja se dešava između oba tipa cvetova nakon unakrsnog oprašivanja (Cawoy i Deblauwe, 2006). Cvetovi čine složenu cvast razvijenu u pazuhu bočnih grana. Na biljci se razvija i do 2000 cvetova. Cvet je kratkog trajanja, od 70 do 90 dana (Cawoy et al., 2009). Heljdino cvetanje traje oko 30 dana, a oplodi se samo oko 10% cvetova. Od dugotrajnog cvetanja ima koristi jer omogućava pčelama dugi ispašni period. Nakon oplođenja na biljci se

razvija 40–50 formiranih plodova (orašica). Masa 1000 plodova varira od 25 g do 30 g, dok zapreminska masa iznosi 50–70 kg.

Kao usev prolećne do kasnoletnje setve, heljda vrlo dobro uspeva u hladnijim i vlažnijim klimatskim prilikama brdskoplaninskih područja, budući da ima kratak period dospevanja u tehnološku zrelost. U pogledu zemljišta nije izbirljiva, pa se uspešno može gajiti čak i na siromašnim, kiselim i plitkim brdskoplaninskim zemljištima. Od velikog je agrotehničkog značaja, jer suzbija korove pokrivanjem zemljišta kao kultura guste setve. Sem toga, ona može usvojiti teže pristupačne oblike fosfora i sprečiti ispiranje fosfora u duboke delove podloge i podzemne vodotokove.



Slika 1. Nadzemna morfologija biljke heljda (Fagopyrum esculentum Moench.)

(izvor: Glamočlija et al., 2015)

Biljke imaju kratak vegetacioni period, pa se mogu uzgajati kao postrni ili naknadni usevi. Zbog sličnosti sa hemijskim sastavom pšenice i upotrebom njenih zrna, izuzetno se smatra žitaricama (Habtmarian, 2019). Heljda se uzgaja zbog svojih plodova (orašica), koji

oljušteni poseduju veliku nutritivnu vrednost. Zrno heljde je sličnog hemijskog sastava kao seme prosolikih i pravih žitarica, ali ima veće procentalno učešće pojedinih hranljivih komponenti (proteina i biljnih vlakana). U 100 g oljuštenih plodova nalazi se oko 4290 mg esencijalnih aminokiselina, što je vidno više nego li u plodovima kod pravih žitarica – raži i pšenice. Plod heljde ima ukupno 9% proteina, 70% skroba, 4% celuloze, 2% mineralnih soli, 2% ulja, kao i vitamine E, B1, B2 i B3. Proteini su bogati aminokiselinama cistin, histidin, fenilalanin, izoleucin, leucin, metionin, lizin, tirozin, triptofan, treonin i valin. Heljda predstavlja vrstu alternativnog žita sa visokom nutritivnom vrednošću, koje je po fitohemijskom sastavu nutritivno vrednije u poređenju sa zrnom prosolikih i pravih žita, što se kvantitativno i kvalitativno očitava u sadržaju proteina, minerala (Mg, K, P, Ca, Fe, Cu, Se, Zn, Ba, I, B, Co i Pt), vitamina, antioksidanasa i fitosterola. Kao značajni antioksidansi, izdvajaju se polifenoli i tokoferoli, među kojima je rutin najznačajniji. Zbog toga, nutricionisti heljdu svrstavaju u skupinu biljaka pogodnih za proizvodnju biološki visokovredne hrane (Glamočlija et al., 2015).

Oljušteni plodovi se upotrebljavaju u ljudskoj ishrani, a koriste se i za ishranu domaćih životinja (Popović et al., 2013). Heljdina nesamlevena zrna se koriste za pripremanje raznih kaša, a njeno brašno se pomešano sa ražanim ili pšeničnim brašnom koristi za izradu hleba sa povećanom svarljivom vrednošću. Ljuspe koje zaostaju nakon čišćenja plodova imaju primenu kao punjenje posteljine i jastuka. U biomasi nalazi se određeni procenat rutina koji ekstrahovan ima farmakološku upotrebu u industriji lekova za snižavanje visokog krvnog pritiska, zaustavljanje kapilarnog krvarenja, smanjenje holesterola u krvi i sl. (Glamočlija et al., 2015).

Obična heljda je jedna od najstarijih gajenih pseudožitarica. Uzgajana je u Andima gde je bila osnovna namirnica Inka, o čemu svedoči i naziv koji je nosila – *chisiya mama* (majka žita) (Tapia, 1982). U Aziji je kultivisana pre 4-5 hiljada godina, a u Evropi je kultivacija

započeta mnogo kasnije, pre oko 600 godina (Woo et al., 2010; Gondola i Papp, 2010). Zrno heljde je značajna prehrambena namirnica stanovnika istočne Azije, severnih i severoistočnih delova Evrope, kao i Severne Amerike. Na Dalekom Istoku, heljda je od davnina omiljena i vrlo cenjena biljka (Glamočlija et al., 2015). Nasuprot tome, u Srbiji se ona uzgaja samo na malim površinama, uglavnom u brdsko-planinskom regionu jugozapadne Srbije (Popović et al., 2014). Heljda je uzgajana u više od 20 zemalja širom sveta, pri čemu su Kina (37,6% ukupne proizvodnje), Rusija (22,4%) i Ukrajina (9,0%) najveći proizvođači (Jacquemart et al., 2012). Koristi se kao hrana stotinama godina. Bila je uvedena u ishranu poljskim, ruskim i nemačkim migrantima u južnom regionu Brazila, početkom 20. veka (Ansimov et al., 2013). Brazil danas proizvodi heljdu za izvoz, uglavnom zbog komercijalnog interesa stranih kompanija. Japanske kompanije kupuju gotovo svu brazilsku proizvodnju heljde (Ansanelli et al., 2020). Proizvod je u Japanu široko rasprostranjen, koristi se u orijentalnoj kuhinji. „Jakisoba“ je čisto heljdino testo. Takođe se heljda koristi za proizvodnju sirćeta i alkoholnih pića, kao što je pivo (Silva, 2002; Mikami et al., 2018; Buiatti et al., 2018; Brasil et al., 2020).

Poslednjih godina povećana je potražnja za hranom bez glutena, kao što je heljda (Foschia et al., 2016; Christoph et al., 2018). Prema Rodriguesu i saradnicima (2019), prodaja proizvoda bez glutena je porasla za oko 30% godišnje od 2004. godine. Usled povoljnog hemijskog sastava, heljda je pogodna za ishranu dece i osoba obolelih od celijakije. Ipak, česta upotreba heljde u ishrani, zbog sadržaja pigmenta fagopirina, može izazvati alergijske upale kože kod ljudi svetlije puti (Glamočlija et al., 2015). Dodavanjem brašna od heljdinog zrna konditorskim i pekarskim proizvodima dobijenim od drugih ratarskih vrsta mogla bi se uvećati prehrambena vrednost namirnica i time unapredilo zdravlje stanovništva (Golijan et al., 2017). Heljda je medonosna vrsta koja, u zavisnosti od perioda setve, može pčeli poslužiti kao dragocen izvor nektara i polena za vreme leta i jeseni kada je mali broj drugih medonosnih

biljaka u cvetu. Cvetanje je dugog trajanja i cvetovi obilno proizvode nektar, zbog čega pčele u uslovima toplih dana, bez vetra, i svežih umereno vlažnih noći, mogu sakupiti nektara i polena i proizvesti do 300 kg meda po hektaru. Med, lekovitih svojstava, prepoznaje se po specifičnom ukusu i tamnijoj boji.

Kvinoja (*Chenopodium quinoa* Willd.) jednogodišnja je biljka iz porodice Chenopodiaceae. Vretenastog je i razgranatog korenovog sistema. Stablo u visinu raste 100–200 cm. Na stablu i sočnim liskama razvijaju se veliki prosti listovi. Brojni, sitni, dvopolni cvetovi združeni su u cvasti na vrhu stabla. Samooplodna je biljka, sa udelom stranooplodnje 10–15%. Seme je loptasto, prečnika 1–2,5 mm. Seme većine komercijalnih sorti su bele do sive ili crne boje, ali postoje i sorte sa žutim ili crveno-ljubičastim semenom (Nowak et al., 2016; Escribano, 2017).

Prema agroekološkim uslovima kvinoja ima specifičan odnos. Usled viševjekovnog gajenja ove biljke u marginalnim područjima ratarske proizvodnje, ona je odlično adaptirana na vrlo nepovoljne abiotičke činioce. Veoma je otporna na sušu nakon isključavanja semena. U prvim fenološkim fazama je tolerantna na prolećne mrazeve kratkog trajanja, dok u kasnijim fenološkim fazama toleriše letnje žege. Nije izbirljiva vrsta kada je reč o podlozi. Veoma dobro raste na peskovito-ilovastim i peskovitim zemljištima, a uspeva i na kiselim ili baznim osiromašenim zemljištima, čiji je humusni sloj plitak. Njen rast zavisi od perioda obdanice, jer je biljka kratkog dana, tako da bolje uspeva gajena postrno ili na blago zasenjenim površinama, kao što su one kraj visokih useva ili u novopodignutim voćnjacima (Glamočlija et al., 2015). Mali je broj štetnih insekata čijem je napadu podložna tokom vegetacijske sezone, pa ju je jednostavno uzgajati po principima održive i organske poljoprivredne proizvodnje (Jevđović et al., 2012).



Slika 2. Nadzemna morfologija biljke kvinoja (*Chenopodium quinoa* Will.)

(izvor: Glamočlija et al., 2015)

Zrno kvinoje je sličnog hemijskog sastava kao seme prosolikih i pravih žitarica, ali ima veće procentalno učešće proteina, mineralnih soli i biljnih vlakana. Njena vrednost prepoznata je još 5000–7000 godina pre nove ere, kada je započet uzgoj u području Anda na prostoru današnjih država Perua i Bolivije (Gordillo-Bastidas et al., 2016). Upravo mogućnost uzgoja na nadmorskim visinama 0-4000 m i tlu siromašnom nutrijentima, kao i otpornost na različite klimatske uslove, te širok raspon optimalne temperature za uzgoj (-1–35 °C), čine kvinoju pogodnom za uzgoj na različitim klimatskim područjima (Jancurov^a et al., 2009). Poslednjih godina (2000-2019) zabeleženo je značajno povećanje gajenih površina, uglavnom u Boliviji sa povećanjem od 35690 do 64789 ha⁻¹ i Peruu sa 27578 do 37625 ha⁻¹. Zemlje uvoznice plodova žetve su: SAD (53%), Kanada (15%), Francuska (8%), Holandija (4%), Nemačka (4%), Australija (3%) i Velika Britanija (2%) (FAO-ALADI, 2014; Jaikishun et al., 2019). Iako nije zahtevna za uzgoj, namirnica je visoke nutritivne vrednosti. Osim povoljnog odnosa proteina, masti i ugljenih hidrata, ona je dobar izvor vitamina, minerala, kao i jedinjenja sa značajnim antioksidativnim delovanjem kao što su polifenoli i flavonoli (Granado-Rodríguez et al., 2021). Udeo ugljenih hidrata kvinoje se uglavnom sastoji od skroba (32-69 g/100 g), sa

značajnom količinom rezistentnog skroba i dijetetskih vlakana (7,0–11,7 g/100 g) (Vilcacundo, 2017; Sobota, 2020).

Za proteine kvinoje treba istaći da imaju veliku hranljivu vrednost, imajući u vidu njihov bogat sastav esencijalnih aminokiselina. Sadržaj proteina kod kvinoje kreće se 12,1–14,5%, sa značajnim udelom metionina i lizina, i antioksidanata kao što su karotenoidi i vitamin C. Proteini kvinoje imaju izbalansiran sastav esencijalnih aminokiselina (Bhargava i Srivastava, 2013). Proteinska frakcija pokazuje visok sadržaj lizina, metionina i treonina, ograničavajuće aminokiseline u običnim žitaricama, kao što su pšenica i kukuruz. Prisutne su sve esencijalne aminokiseline koje ispunjavaju zahteve odraslih osoba, prema predlogu Svetske zdravstvene organizacije (SZO), kao i Organizacije za hranu i poljoprivredu (FAO). Svarljivost proteina je obično visoka, ali na njih mogu uticati inhibitori hidrolaze ili enzimski inhibitorni efekti endogenog jedinjenja fenola.

Interesantna je činjenica da je sadržaj lipida od približno 5,5 do 7,4 g/100 g, što je više nego kod pšenice, kukuruza ili pirinča. Kvinoja je dobar izvor vitamina sa višim nivoima α -tokoferola (vitamina E), riboflavina (B2), piridoksina (B6) i folne kiseline nego kod pšenice. S obzirom da je skrob glavna komponenta u semenu kvinoje, očekuje se da svojstva integralnog brašna kvinoje (VMF) zavise u velikoj meri od sastava i svojstva skroba (Li i Zhu, 2017). Skrob je prisutan u obliku malih poligonalnih granula, prečnika 1–3 μm . Granule skroba su prisutne kao pojedinačne jedinice, ili kao sferni agregati spakovani u perispermu kvinoje. Kvinojin skrob ima nizak sadržaj amiloze, koji obezbeđuje različita fizičko-hemijska svojstva u poređenju sa skrobom žitarica. Postoji značajna varijabilnost u sadržaju amiloze u kvinoji. Međutim, sadržaj amiloze zabeležen za skrob kvinoje kreće se između 9 i 11%. Nađeni su i širi rasponi, od 3 do 20% (Contreras-Jiménez et al., 2019). Nejasno je da li je zabeležena varijacija u sadržaju amiloze odraz genetske varijabilnosti, varijacija u poljoprivrednoj praksi ili životnoj

sredini, rezultat i jednog i drugog, ili se može pripisati razlikama u metodama kvantifikacije. U poređenju sa skrobom endosperma žitarica, kvinojin amilopektin sadrži veliki broj kratkih lanaca, 8 do 12 jedinica (Filho et al., 2017). Nizak sadržaj amiloze kao i jedinstvena struktura amilopektina doprinose fizičko-hemijskim karakteristikama kvinojinog skroba. Želatinizuje se na relativno niskim temperaturama, slično temperaturi želatinizacije pšeničnog i krompirovog skroba. No, njegovo ponašanje pri lepljenju se znatno razlikuje od pšeničnog i krompirovog skroba. Kvinojin skrob pokazuje veći kapacitet vezivanja vode i moć bubrenja u poređenju sa pšenicom, ječmom ili kukuruznim skrobom. Ima odličnu stabilnost smrzavanja-odmrzavanja. Otkriće betaksantina i identifikacija betacijanina u zrnu kvinoje objašnjava raznolikost prisutnih boja u ovoj jestivoj pseudožitarici. Koegzistencija pigmenta stvara različite nijanse koje se mogu koristiti da se uklope u specifične zahteve za boje proizvoda za farmaceutsku, kozmetičku ili prehrambenu industriju (Escribano et al., 2017). Ekstrakti koji sadrži betalain se koriste kao aditiv 73,40 u 21 CFR odeljku Uprave za hranu i lekove (FDA) u SAD i pod šifrom E-162 u Evropskoj uniji. Neka istraživanja su pokazala potencijal betalaina u hemoprevenciji raka, a eksperimenti in vivo su pokazali da dijetetski pigmenti inhibiraju stvaranje tumora kod miševa (Gandía-Herrero et al., 2016).

Zrno kvinoje je bogato dijetetskim vlaknima, koja imaju povoljan uticaj na rad sistema za varenje kod čoveka. Mineralni sastav zrna pruža više gvožđa, kalijuma, magnezijuma, bakra, cinka i mangana ljudskog organizmu no druga žita, Sem toga, zrno ima visok sadržaj vitamina B kompleksa (B1, B2, B3, B6). Osim zrna, znatan nutritivni i prehrambeni značaj poseduju i mladi listovi, koji se u ishrani upotrebljavaju kao list spanaća. Kvinojini listovi su ukusom nalik onima kod srodnika spanaća i lobode i mogu se koristiti za pripremu raznih kuvanih jela, supa, salata. Imaju više hranljivih materija i vitamina od spanaća (Glamočlija et al. 2015). Gajena biljka je nastala privođenjem samoniklih vrsta u kulturu, prethodno rasprostranjenih u

autohtnoj flori područja Anda, koja u sadašnjosti odgovaraju granicama Perua, Bolivije i Ekvadora. Pre španske kolonizacije Južne Amerike, bila je uzgajana na velikim prostorima, prevashodno na slabo plodnim podlogama, na većim nadmorskim visinama. Na tlu Evrope je kao uneta vrsta najpre ispitana i prilagođena uslovima u Danskoj. Prvo mestimično uzgajanje kvinoje u našoj zemlji datira od završetka 20. veka (Glamočlija et al., 2012). Kvinoja je kultura koja obećava dalju ekspanziju u mnogim delovima sveta (Aluwi, 2017).

Kako ne sadrži gluten, kvinoja se svrstava u prehrambene proizvode koje mogu koristiti osobe sa celijakijom (Jevđović et al., 2012). Budući da je vrlo hranljiva namirnica (visokog udela proteina, masti, biljnih vlakana i mineralnih soli), kvinoja se primenjuje u izradi pekarskih proizvoda (hleba, pasti, testenina, rezanaca) i dečje hrane. Seme se, takođe, može preraditi u biljno mleko, fermentisati za pravljenje piva, ili se pak koristiti kao sastojak u tradicionalnom *čiča* napitku (Bhargava, 2006; Pineli, 2015). Proklijale sadnice (klice) mogu se ugraditi u salate, a cela biljka se može koristiti kao bogat izvor stočne hrane (Vilcacundo i Hernandez-Ledesma, 2017).

Uprkos tome što nije tako rasprostranjena kao pšenica ili raž, interesovanje za korišćenje kvinoje je progresivno raslo zbog atraktivnog nutritivnog sastava. Seme kvinoje odlikuje se potpunim odsustvom glutena, visokim nivoom masnih kiselina, vitamina, minerala, dijetalnih vlakana i proteina sa više aminokiselina (Gomez-Caravaca et al., 2014; Abderrahim et al., 2015; Tang et al., 2015; Pellegrini et al., 2018). Visok sadržaj raznih bioaktivnih jedinjenja, kao što su karotenoidi, vitamin C i fenolna jedinjenja, beleži se u mnogim studijama kao zaštita protiv raznih bolesti, posebno raka, alergija, zapaljenja, kardiovaskularnih bolesti, što čini seme kvinoje funkcionalnom hranom. Jedna studija (Wang et al., 2022) potvrđuje da su proteini kvinoje dobar izvor za DPP-IV inhibitorne peptide i da imaju potencijal kao sastojci u funkcionalnoj hrani za prevenciju ili upravljanje dijabetesom tipa 2.

Seme kvinoje, koje može biti belo, crveno ili crno, odličan je izbor za ishranu ljudi, pokazujući ne samo visok nutritivni profil, već i sastav molekula od velikog značaja, kao što su tokoferoli i organske kiseline, koji promovišu bioaktivnost u organizmu čoveka (Pereira et al., 2019). Seme kvinoje se kuvano jede kao topla kaša za doručak. Može se kokati u kokice, ili samleti pa dalje koristiti u vidu brašna. U smeši sa pšeničnim ili kukuruznim brašnom, kvinojino brašno je moguće upotrebljavati za pravljenje testenina, nudli, slatkih biskvita i hleba. Istraživanja o novom načinu korišćenja kvinoje u vidu hlebova obogaćenih kvinojinim semenom mogu usloviti nastanak brojnih inovativnih pekarskih proizvoda unapređene hranljive vrednosti.

Saznanja o visokoj hranljivoj vrednosti kvinojinog zrna i njegova jednostavna primena u kulinarstvu privukla su pažnju nutricionista ovom prehrambenom proizvodu (Jacobsen, 2003). Kako svetska proizvodnja kvinoje još uvek ne zadovoljava sve veću potražnju, mala pakovanja zrna kvinoje danas dostižu visoke cene u supermarketima.

Značajno povećanje potražnje za kvinojom podstaklo je istraživače u Evropi da razvijaju nove sorte koje odgovaraju evropskim uslovima uzgoja. Karakteristike andskih sorti kvinoje su relativno dobro proučene, ali daleko malo informacija dostupno je o evropskoj kvinoji (Solaesa, 2020). Kao rezultat istraživanja fizičko-hemijskih svojstava 13 sorti kvinoje koje se uzgajaju u severozapadnoj Evropi, ustanovljene su široke varijacije u ovim svojstvima i rezultati sugerišu da potencijalna primena VMF-a zavisi od sorte kvinoje (De Bock, 2022). Potvrđeno je i to da uslovi uzgoja mogu značajno promeniti sastav mikronutritijenata semena, ali delimično. Uticaj drugih komponenata, kao što su vlakna, amiloza i (li) amilopektin i oštećen škrob mogli bi biti predmet daljih istraživanja.



Slika 3. Izgled zrna (semena) kvinoje

(izvor: Glamočlija et al., 2015)

1.2. Značaj očuvanosti poljoprivrednog zemljišta za održivu proizvodnju useva

Prema Svetskoj komisiji za životnu sredinu i razvoj, održivi razvoj se definiše kao „upotreba resursa na takav način da omogući podmirenje potreba sadašnjih generacija koje neće ugroziti sposobnost budućih generacija da zadovolji svoje potrebe“ (WCED, 1987).

Koncept održivog razvoja nalazi svoje utemeljenje u moralnoj pravdi i nastojanju da buduće generacije ljudi moraju dobiti slične razvojne mogućnosti koje su nama danas raspoložive, što se ogleda u neophodnosti kontrolisanog korišćenja dostupnih prirodnih resursa i kontrolisane degradacije životne sredine, kao i u tome da je čovek tek deo prirode i da ne nosi prava da je ireverzibilno menja svojim ekonomskim aktivnostima, dovodeći u pitanje opstanak drugih živih bića na planeti (Subić et al., 2017).

Rast broja stanovnika na planeti se eksponencijalno povećava. Predviđa se da će do završetka 21. veka planetu naseljavati oko 11 milijardi ljudi, što će između ostalog nametnuti

potrebu za prehranjivanjem ogromne populacije i time izazvati ozbiljan problem. Kako bi se rastuća populacija namirila dovoljnom količinom hrane, potrebno je intenzivirati poljoprivrednu proizvodnju. Sve ovo predstavlja ogroman pritisak na eksploataciju poljoprivrednog zemljišta. Industrijska poljoprivreda, koja za cilj ima samo da iz zemljišta izvuče maksimum, koja koristi pesticide i raznovrsna mineralna đubriva ne bi li poljoprivredne kulture bile što tolerantnije na uticaje spoljašnje sredine, te pružile veće prinose, treba zameniti održivom poljoprivrednom proizvodnjom. Održiv način proizvodnje useva garantuje kvalitetnu i zdravu hranu, za čiju se proizvodnju ne primenjuju hemijska sredstva i pesticidi. To je proizvodnja koja ima manji uticaj na sredinu, ne osiromašuje zemljište i gajene biljke razvijaju prirodnu otpornost na bolesti i štetočine.

Održivost poljoprivrede se definiše kao “razvoj koji omogućava očuvanje zemljišta, vode, biljnih i životinjskih vrsta (biodiverziteta), na takav način da je u skladu sa zahtevima ekologije, tehnički primenljiv, ekonomski profitabilan i društveno prihvatljiv” (FAO, 1989).

Održivost razvoja poljoprivrede se institucionalno temelji na međunarodnoj i nacionalnoj zakonskoj regulativi, zatim podzakonskim aktima, kao i strateškim dokumentima. Kada je reč o R. Srbiji, oni su propisani Zakonom o podsticajima u poljoprivredi, Zakonom o održivoj poljoprivredi i pravilnicima i uredbama nadležnog ministarstva. Pored toga, detaljnije ih reguliše Nacionalna strategija razvoja poljoprivrede, koja je dopunski operacionalizovana merama propisanim u okviru Nacionalnog programa za održivu poljoprivrednu proizvodnju. Razume se da prepoznavanje prioriteta u okviru državnih granica treba da bude usklađeno sa prihvaćenim obavezama koje predviđa proces pridruživanja Evropskoj uniji, međunarodnim konvencijama i nacionalnim dokumentima koji su od mogućeg značaja za razvoj ruralne ekonomije (npr. Strategija za smanjenje siromaštva), sektorskih politika, određenih akcionih

planova, strategija i dr. Najzad, uzimaju se u obzir i trenutno aktuelni razvojni planovi lokalne zajednice (Nikolić et al., 2010; Mihailović i Simonović, 2016).

Uprkos tome što je princip održivog razvoja bio predstavljen još 1987. u izveštaju Svetske komisije za životnu sredinu i razvoj (Brundtlandova komisija), koncept održivosti i održivog razvoja dobio je svoju prvu primenu tek 1992. godine, nakon konferencije u Riu de Žaneiru. Tom prilikom usvojena je Deklaracija o životnoj sredini, kao i Akcioni plan za 21. vek („Agenda 21”) koji je utemeljio ideju o održivom razvoju. Iste godine, na Konferenciji Ujedinjenih nacija (UN) o Zemlji ukazano je na to da je održiva proizvodnja i potrošnja ključna oblast na koju treba obratiti pažnju u budućnosti. Organizacija UN za hranu i poljoprivredu je pristup održivoj poljoprivredi koncipirala na sledeći način: „upravljanje i očuvanje baze prirodnih resursa i usmerenost tehnoloških i institucionalnih promena na takav način da osigura postizanje i kontinuirano zadovoljavanje ljudskih potreba sadašnjih i budućih generacija“. Drugim rečima, može se konstatovati da bi održiva poljoprivredna proizvodnja trebalo da garantuje uvećanje profitabilnosti, kao i unapređenje života i kvaliteta hrane.

Uvođenjem postrnih useva u rotaciju kultura uvećava se održivost poljoprivredne proizvodnje. Postrno gajenje kultura je način poboljšanja poljoprivredne proizvodnje, pošto se time unapređuje kvalitet i očuvanje zemljišta. Pokrovne postrne kulture, poput kvinoje i heljde, vrlo dobro zaštićuju zemljište od vremenskih nepogoda, uvećavaju prisustvo hranljivih materija u njemu, čuvaju i skladište vlagu i svojom velikom nadzemnom masom suzbijaju korovske vrste. Pokrovne kulture su bezmalo obavezni element rotacije kultura u sistemu ekološke poljoprivredne proizvodnje sa ulogom siderata, pošto je primena veštačkih mineralnih đubriva zabranjena, dok se inkorporacijom zelenog đubriva poboljšava plodnost zemljišta. Prevažodna uloga pokrovnih useva je prekrivanje zemljišta, što između ostalog ima i tu pozitivnu ulogu da sprečava spiranje preostalih hranljivih materija (od predkulture) u dublje

slojeve zemljišta (Stipešević et al., 2008). Postrne kulture imaju funkciju prihvatanja i prenosa elemenata ishrane biljaka, naročito azota, u rotaciji kultura, što je od koristi i potonjim kulturama, posebno ukoliko se one odlikuju velikim potrebama za azotom (Caporali et al., 2004).

Preimućstvo gajenja postrnih useva jeste ekonomičnija upotreba zemljišta, pošto se na istoj poljoprivrednoj površini mogu realizovati dve žetve u toku godine. Postrni usevi se seju u periodu između žetve glavnog useva i setve narednog glavnog useva. Kvalitetna obrada zemljišta, koja podrazumeva što manji gubitak vode, važan je preduslov za gajenje postrnih useva. Spaljivanje ostataka nakon žetve je zabranjeno, pošto oni predstavljaju izvor organskih i neorganskih materija. Odabir postrnih useva uslovljen je time koji će se usev sejati kao naredni, a on zavisi od potreba i mogućnosti privrede. Postrne kulture mogu biti od koristi u proizvodnji ljudske i stočne hrane, za pčelinju pašu, kao zeleno đubrivo itd. Tražene osobine postrnih useva su pre svega lako i efikasno zasnivanje, proizvodnja velike količine biomase i aerofiksacija azota. Sem toga, poželjno je brzo i uniformno klijanje semena, naknadno uspešno prekrivanje zemljišta i suzbijanje korova, kao i sposobnost uvećanja prisustva organskih i neorganskih materija u zemljištu (Brozović et al., 2018). Postrni usevi, ili letnji pokrovni usevi, mogu poslužiti za proizvodnju velikih količina biomase koja povećava plodnost zemljišta. U isto vreme, oni pospešuju proces kruženja azota u zemljištu, dok s druge strane suzbijaju razvoj korovskih vrsta. Pokrovni i postrni usevi smanjuju zakorovljenost zemljišta konkurencijom korovskim vrstama za vegetativni prostor, vodu, svetlost i hranljive materije (Brozović, 2014). Bitna je i njihova uloga u smanjenju erozije zemljišta, imajući u vidu da se njihovom primenom zemljište prekriva i tako zaštićuje od vremenskih nepogoda (Rider i Fares, 2008). Isto tako, zemljište je pokrovnim usevima zaštićeno od direktne insolacije, što omogućava očuvanje

vlage i mikroflore u zemljištu, dok kao vegetacijski pokrivač pokrovni usevi doprinose termoregulaciji zemljišta i sl.

Usevi su od velikog ekonomskog i ekološkog značaja. Moguća je pojava određenih bolesti usled primene određene vrste pokrovnog useva, posebno ako je on pogodan domaćin za razvoj nekih biljnih bolesti (Jug et al., 2017). Zbog toga je prilikom odabira pokrovnog useva neophodno uzeti u obzir i vrstu predkulture, kao i vrstu naredne glavne kulture koja će imati udela u rotaciji kultura. Treba izbegavati kulture koje pripadaju istoj botaničkoj porodici, jer se obabirom postrnog useva iz različite porodice od one kojoj pripada glavna kultura prekida širenje bolesti koju uzaziva određeni patogen.

Plodored se izdvaja kao održiva poljoprivredna praksa, budući da kada se sprovodi kontinuirano, dovodi do strukturnih i fizičko-hemijskih poboljšanja zemljišta (Castro et al., 2011; Bortoluzzi et al., 2010). Plodored povećava nivo organskog ugljenika, azota i ukupnu količinu hranljivih materija lako dostupnih biljkama, što doprinosi očuvanju kvaliteta zemljišta (Lisboa et al., 2012).

U izboru kultura za postrni usev se kao najbrže i najlakše rešenje neretko navodi heljda, jer ona daje zadovoljavajuće prinose i pri suvljim agroekološkim prilikama (Šimunić et al., 2010). Uglavnom se koristi kao naknadni ili postrni usev, dok ređe kao glavna kultura. Osnovna funkcija joj je da negativno utiče na razvoj korovskih vrsta i da štiti zemljište od nepovoljnih vremenskih prilika, budući da kao postrni usev efikasno i brzo pokriva površinu zemljišta. Štaviše, heljda je kao postrni usev gotovo savršeni čistač tla, pošto razvija veliku biomasu i na taj način suzbija korovske vrste. Brzo klija ukoliko postoje povoljni uslovi za klijanje, razvija gustu nadzemnu masu i kao dobar kompetitor korovima zasenjuje tlo. Prednosti setve heljde, kao postrnog/pokrovnog useva, brojne su i svrstavaju se u sledeće grupe: (1) izgradnja organske materije zemljišta; (2) snabdevanje useva koji slede nakon postrnih/pokrovih useva

azotom i drugim hranljivim materijama; (3) sprečavanje ispiranja lako rastvorljivih hranljivih materija iz zemljišta; (4) pokrivenost površine (smanjenje erozije i poboljšanje strukture) zemljišta; i (5) kretanje neorganskih elemenata iz donjih slojeva zemljišta u gornje slojeve. Prema Zhu i saradnicima (2002), heljda se odlikuje slabom sposobnošću usvajanja preostalog azota od preduseva; zauzvrat drugi istraživači naglašavaju njenu mogućnost usvajanja kalijuma, fosfora i drugih neorganskih elemenata, uključujući kalcijum (Bjorkman, 2009). Na taj način usvojeni elementi ishrane postaju dostupni narednoj kulturi, posle preoravanja heljdinih žetvenih ostataka i njihove razgradnje (Bowman et al., 1998). Heljda ima sposobnost usvajanja fosfora u fiziološki neaktivnom obliku koji postaje dostupan narednoj kulturi pri rotaciji kultura. Stoga, primena heljde kao useva može omogućiti da đubrenje fosforom mineralnim đubrivima bude racionalnije. Heljdina sposobnost obogaćivanja zemljišta fosforom u fiziološki pristupačnom obliku biljkama pripisuje se njenoj simbiozi sa arbuskularnim mikoriznim gljivama (Myers i Meinke, 1994). Primenjena kao postrni usev, heljda služi i kao tzv. „čistač zemljišta“, pošto vezuje znatne količine aluminijuma. Ona je izrazito otporna vrsta na abiotički stres izazvan povećanim sadržajem Al u zemljištu, u listovima usvaja znatne količine Al uz izostanak pokazatelja fitotoksičnosti (Chen, 2001). Sem toga, ona vezuje znatne količine olova, te se može primeniti za fitoremedijaciju zemljišta koja su kontaminirana ovim teškim metalom (Tamura et al., 2005).

Sistem Ujedinjenih nacija igra ključnu ulogu u pružanju podrške državama članicama u sprovođenju međuvladnih ciljeva održivog razvoja. Sistemska koherentnost na globalnom, regionalnom, subregionalnom i državnom nivou je ključna da bi sistem Ujedinjenih nacija efikasno funkcionisao i poboljšao podršku zemljama u razvoju. Prema članu 2 Zakona o zaštiti životne sredine Republike Srbije, sistem zaštite životne sredine je sačinjen od mera, instrumenata i uslova za održivo upravljanje, očuvanje celovitosti, prirodne ravnoteže,

raznovernsnosti i kvaliteta resursa i uslova za život svih živih bića (Zakon o zaštiti životne sredine, Službeni glasnik RS). Članom 9 ovog zakona definisano je Načelo održivog razvoja, prema kojem je održivi razvoj „usklađeni sistem tehničko-tehnoloških, ekonomskih i društvenih aktivnosti u ukupnom razvoju u kojem se na principima ekonomičnosti i razumnosti koriste prirodne i stvorene vrednosti Republike Srbije, sa ciljem da se sačuva i unapredi kvalitet životne sredine za sadašnje i buduće generacije“.

Nacionalnom strategijom održivog korišćenja prirodnih resursa i dobara i Strategijom prostornog razvoja Republike Srbije regulisani su strateški dokumenti za upravljanje prirodnim vrednostima i za održivo korišćenje i zaštitu prirodnih vrednosti.

Ostvarivost održivog razvoja Republike Srbije leži u introdukciji, adaptaciji i implementaciji principa koji vladaju u EU, tačnije na inteziviranju konkurentnosti koja se temelji na inovacijama, znanju i preduzimljivosti, kako je to definisano Lisabonskom strategijom. Najvažniji prioriteti Republike, čijim će se ispunjenjem najvećim delom ostvariti ideja održivog razvoja, navedeni su Nacionalnoj strategiji održivog razvoja Republike Srbije (2008).

Teži se zdravijem načinu života, odnosno promeni navika u ishrani, opredeljivanjem za hranu bogatu bioaktivnim jedinjenjima. Pored nutritivnog zadovoljstva, potrošači traže hranu koja im pruža zdravstvene i „wellness“ beneficije (Kuster i Vila, 2017). Jedan od načina doprinosa održivoj poljoprivredi jeste korišćenje alternativnih žita, kao što su kvinoja i heljda (Dražić et al., 2013a, 2013b). Ograničavajući faktor u ostvarenju ovog cilja jeste degradacija zemljišta (Eswaran et al., 2001).

Svake godine veliki procenat poljoprivrednog zemljišta se izgubi usled zaslanjivanja, ekstremnih temperatura i jake suše. Zbog toga su farmeri počeli da traže halofitske i abiotski

tolerantne vrste, kao što je kvinoja, koja opstaje u ovakvim uslovima. Njena visoka nutritivna vrednost se održava uprkos abiotičkim stresnim uslovima. Fiziološki, biohemijski i morfološki odgovori različitih sorti kvinoje na abiotičke stresore pokazuje da ona ima široku plastičnost i toleranciju na te stresore (Hanjosa, 2018).

Zbog toga što su, u poređenju sa konvencionalnim ratarskim biljkama, alternativna žita tolerantnija na zagađenje životne sredine (uključujući degradaciju zemljišta), s promenama u ishrani čovečanstva, vrstama kao što su kvinoja i heljda se ponovo pridaje nekadašnji značaj.

1.3. Pregled prethodnih istraživanja

U poslednjih nekoliko decenija, interesovanje naučnika za heljdu naglo je poraslo, što se vidi iz broja objavljenih naučnih studija. Proučavanjem fizičkih, hemijskih i nutritivnih karakteristika alternativnih žita, kao što je heljda, bavili su se u svetu Unal i saradnici (2017), Nepali i saradnici (2019), Kumari i Chaudhary (2020), Singh i saradnici (2020), Romanovskaja i saradnici (2021) i drugi autori. Unal i saradnici (2017) su ispitali i međusobno uporedili fizičke i hemijske karakteristike dve sorte heljde (komercijalna sorta heljde i varijetet Güneş) i utvrdili da postoje statistički značajne razlike između upoređenih karakteristika, što je verovatno posledica individualnih razlika proučavanih sorti ili uslova sredine. Golijan i saradnici (2017) su sagledali hemijski sastav heljdinog zrna u nutritivnom pogledu, sumirajući brojna istraživanja iz literature. Saopštili su da heljda predstavlja vrstu alternativnog žita sa visokom nutritivnom vrednošću, jer se odlikuje fitohemijskim sastavom koji je po hranljivoj vrednosti znatno viši u poređenju sa sastavom prosolikih i pravih žita, a što se ogleda u kvantitativnim i kvalitativnim karakteristikama proteina, minerala (Mg, K, P, Ca, Fe, Cu, Se, Zn, Ba, I, B, Co i Pt), vitamina, antioksidanasa i fitosterola. U antioksidanse ubrajaju se polifenoli i tokoferoli, među kojima je rutin najznačajniji. Osim što se karakteriše visokim

antioksidativnim kapacitetom, rutin pokazuje i mnoge povoljne efekte na zdravlje čoveka, kao što su sniženje krvnog pritiska, smanjenje rizika od arteroskleroze, smanjenje propustljivosti krvnih sudova, antialergijsko, antiinflamatorno i antibakterijsko dejstvo. Iz tog razloga, autori preporučuju dodavanje brašna od heljde konditorskim i pekarskim proizvodima od drugih vrsta žitarica, ne bi li se povećala hranljiva vrednost namirnica i na taj način unapredilo zdravlje stanovništva. Istraživanje drugih autora (Nepali et al., 2019) bilo je usredsređeno na sadržaj minerala u zrnu heljde i njihovog značaja za ljudsku ishranu i zdravlje. S druge strane, Kumari i Chaudhary (2020) ističu višestruke potencijale heljde, pored mogućnosti njene primene u komercijalne i farmaceutske svrhe. Osim na biohemijski i molekularni odgovor ove vrste na biotički i abiotički stres, autori su se usredsredili i na pitanja konzervacije i održivog korišćenja himalajskog genskog fonda heljde, poželjnih karakteristika za poljoprivredu i njenog genetičkog diverziteta. Potvrdili su mogućnost održive proizvodnje heljde u ovom području i dali pregled biotehnoških intervencija i smernica za njenu realizaciju. Romanovskaja i saradnici (2021) sproveli su istraživanje o uticaju morfostrukturnih elemenata na produktivnost heljde. Cilj ovog istraživanja je bio utvrditi uticaj relativne proporcije stabljika, listova i cveta metlice na formiranje biomase i prinos zrna. Istraživanjem je ustanovljeno da je produktivnost heljde zavisna od morfoloških elemenata biljaka, uticaj koji je bio različit u procesu formiranja biomase i prinosa zrna u organskim i konvencionalnim poljoprivrednim sistemima. Utvrđeno je da je biomasa u snažnoj korelaciji sa relativnom proporcijom stabljike u morfostrukтури biljaka ($r=0,82$ u organskom uzgoju, $r=0,64$ u konvencionalnom sistemu poljoprivrede). Prinos zrna u organskoj poljoprivredi zavisio je od relativnog udela cvetova u morfostrukтури ($r=0,65$). Za konvencionalni poljoprivredni sistem, prinos zrna heljde se takođe povećava u zavisnosti od relativnog udela cveta, međutim, porast nije bio statistički potvrđen ($r=0,47$). Veći indeks prinosa i jake korelacije između indeksa prinosa i morfostrukturnih elemenata primećeni su tokom sušnijeg leta.

Postoji određeni broj publikacija o ovoj vrsti i u Srbiji (npr., Glamočlija et al., 2010a, 2010b, 2012; Popović et al., 2014; Nikolic et al., 2019; Sredojević et al., 2020). Sumirajući rezultate brojnih istraživanja, Đurić i saradnici (2018) konstatuju značajne varijacije u vrednostima proučavanih parametara prinosa, ali ipak u celini zadovoljavajući prinos zrna. Autori, takođe, zapažaju da je u najpovoljnijim zemljišnim uslovima prinos heljdinog zrna bio viši nego na siromašnijim zemljištima, ali da su klimatski uslovi bili od najvećeg uticaja na prinos zrna i rast biljaka u ravničarskom području. Shodno rezultatima mnogobrojnih naučnih studija i prinosu u redovnoj proizvodnji, oni su zaključili da heljda odlično uspeva u agroekološkim uslovima Srbije. S druge strane, uzimajući u obzir značaj heljde u ljudskoj ishrani i održivoj poljoprivredi današnjice, Nikolic i saradnici (2019) su sproveli istraživanje s ciljem utvrđivanja optimalne gustine setve kojom se postiže intezivna, ekonomična i ekološka poljoprivredna proizvodnja. Istraživanjem su obuhvatili 12 genotipova i tri različite gustine setve (80, 120 i 160 zrna/m²). Autori su saopštili da je najveći prosečni prinos heljde dobijen kao rezultat setve 160 zrna/m², srednji prinos kao rezultat setve 120 zrna/m², a najmanji posle setve 80 zrna/m². No, kako je razlika u prinosu zrna između najgušće i srednje gustine setve bila samo 3,49%, zaključili su da prednost treba dati srednjoj gustini setve radi ekonomičnosti proizvodnje. Na temelju rezultata svih dosadašnjih istraživanja ove vrste u Srbiji, Sredojević i saradnici (2020) su konstatovali da na prinos zrna i rast biljaka najveći efekat imaju klimatske prilike, dok pedološki uslovi i gustina setve ne utiču značajno na proizvodnju heljde. Ipak, heljda još nije dovoljno proučena u našim agroekološkim uslovima, pogotovo ne u pogledu mogućnosti održive proizvodnje na degradiranom zemljištu, što aktualizuje potrebu za daljim istraživanjima ove alternativne ratarske kulture u nas.

O benefitu uvođenja kvinoje u poljoprivredu Evrope diskutovano je u brojnim naučnim radovima s kraja prošloga veka (npr., Fleming i Galwey, 1995). Ranija istraživanja ukazuju na

to da kvinoja pokazuje visok nivo otpornosti na dejstvo različitih biotičkih i abiotičkih faktora stresa, naročito suše (Garsia et al., 2007). U poslednje vreme, proučavanjem nutritivnih karakteristika i mogućnosti održive proizvodnje kvinoje bavili su se brojni autori (npr., Nowak i Charrondière, 2016; Scanlin i Lewis, 2017; Gardner et al., 2019; Jaikishun et al., 2019; Škrobot et al., 2019). Nowak i Charrondière (2016) su proučili nutritivne sastojke kvinoje, smatrajući je alternativnom ratarskom kulturom koja može imati značajnu ulogu u snadbevanju stanovništva hranom u svetu. Autori su prikupili dostupne podatke koji su u skladu sa međunarodnim standardima, konstatujući da mali obim podataka odgovara tom kriterijumu. Autori su uočili velika variranja u sadržaju hranljivih sastojaka na 100 g sveže kvinoje. Tako je sadržaj proteina varirao od 9,1 do 15,7 g, ukupnih masti od 4,0 do 7,6 g, a biljnih vlakana od 8,8 do 14,1 g. Takođe, uočili su prilična variranja u nutritivnim vrednostima između različitih sorti i izvora podataka. Scanlin i Lewis (2017) su se bavili ovom vrstom kao održivim izvorom proteina. Prema ovim autorima, kvinoja predstavlja ratarsku vrstu koja je u usponu u svetu i bogat je izvor kvalitetnih biljnih proteina, sa oko 16% sadržaja proteina u suvoj materiji. Dalje, oni konstatuju da su proteini kvinoje većeg kvaliteta od proteina žitarica, jer je udeo lizina u potonjih kultura obično nizak. Istraživanje drugih autora (Škrobot et al., 2019) bilo je usmereno na profilizaciju sastava aminokiselina proteina heljde, kvinoje i amarantusa. Kvalitet i sastav proteina svih ovih pseudožitarica je upoređen sa ekvivalentnim karakteristikama određenim u celozrnom pšeničnom brašnu. U analizi je primenjena tehnika tzv. tačne hromatografije visoke rezulacije (HPLC). Kao rezultat, najveći sadržaj aminokiselina zabeležen je u amarantusu (180,85 g na 100 g proteina) i heljdi (162,46 g na 100 g proteina), dok je sadržaj aminokiselina u kvinoji (125,37 g na 100 g proteina) bio znatno manji nego u drugim dvema pseudožitaricama, ali u rangu sadržaja koji je zabeležen u pšenici (134,20 g na 100 g proteina). Probavljivost proteina, hemijski proteinski skor, efikasnost proteina i indeks nezamenljivih aminokiselina proučavanih pseudožitarica – kvinoje, heljde i amarantusa – zabeleženi su u

narednim rasponima vrednosti: 79,25–84,58%, 16,24–47,59%, 2,9–6,17% i 45,68–68,36%, tim redom. Rezultatima je ukazano da su kvinoja, heljda i amarantus vredne prehrabene namirnice koje mogu većim delom zadovoljiti dnevne ljudske potrebe za nezamenljivim aminokiselinama, pa ih je preporučljivo inkorporirati u raznovrsne prehrabene proizvode i na taj način doprineti zdravlju ljudi. S druge strane, kako bi se procenila mogućnost uvođenja kvinoje kao alternativnog izvora hrane u centralnim Malavima, naredno istraživanje (Gardner et al., 2019) bilo je usredsređeno na dva aspekta difuzije inovacije – kompatibilnost i ulaganje agenata promene u promociju. Sa osvrtom na iskustvo lokalnih proizvođača i stručnjaka za uvođenje inovacije (kvinoje), za ovo istraživanje su prikupljeni podaci za procenu potencijala uvođenja inovacije i razmenu informacija između inovacionih programa i lokalnih proizvođača. Rezultati ovog istraživanja su pokazali da je potencijal za uvođenje inovacije u datom području pozitivan. Jaikishun i saradnici (2019) su se usredredili na problem kako se ovom otpornom ratarskom vrstom može odgovoriti na uticaj nepovoljnih okolnosti, kao što je glad u svetu, i kako se mogu obezbediti i podržati ekosistemske usluge. Autori ističu da, u poređenju sa konvencionalnim ratarskim kulturama, kvinoja poseduje izuzetnu otpornost na abiotički stres i visokohranljiva je alternativna ratarska vrsta sa jedinstvenim balansom i visokim sadržajem nutrijenata, te ona može predstavljati značajnu kulturu za snabdevanje stanovništva hranom, kao i za unapređenje ishrane. Oni smatraju da ova vrsta ima potencijala da odgovori na globalna pitanja, kao što su prenaseljenost, klimatske promene, desalinizacija, fitoremedijacija, neuhranjenost, siromaštvo. Takođe, ispitujući mogućnost se korišćenjem zagađenih voda dobiju nutritivno vredni proizvodi od kvinoje, Radovanović (2020) je sagledala rezultate mnogobrojnih ispitivanja kvinoje u literaturi i konstatovala da je ona visoko isplativa kultura u ekonomskom i nutritivnom smislu. Na osnovu literaturnih rezultata da kvinoja postiže zadovoljavajući prinos uprkos lošim klimatskim uslovima, kao što su mraz, suša, visoke i niske temperature, kao i pri povišenom sadržaju soli u zemljištu, autorka je zaključila da je kvinoja

adekvatna ratarska vrsta za gajenje u različitim podnebljima i pri različitim uslovima. Najzad, De Bock (2022) je proučio fizičko-hemijska svojstva 13 sorti kvinoje koje se uzgajaju u severozapadnoj Evropi i došao do rezultata da su varijacije u ovim svojstvima široke i da sugerišu da potencijalna primena VMF-a zavisi od sorte kvinoje. Ovaj autor je zaključio da uslovi uzgoja mogu značajno da promene sastav mikronutritijenata semena kvinoje, ali delimično.

Početna istraživanja kvinoje u agroekološkim uslovima Srbije pokazala su prinose koji su bili u rangu prinosa u zemljama u kojima se ona gaji, no zapaženo je da se ovi prinosi razlikuju u zavisnosti od lokacije (Dražić et al., 2011). Sem toga, primećeno je da raspored i nivo atmosferskog taloga tokom vegetacijske sezone mogu uticati na hemijski sastav i klijavost kvinojinog zrna (Srebrić i Prijčić, 2001; Glamočlija et al., 2010a). Prema istraživanju Đurića i saradnika (2018), kvinoja se na oglednim poljima u našoj zemlji gaji desetak godina, kako u ravničarskim, tako i brdskoplaninskim i visokoplaninskim područjima. Sagledani rezultati istraživanja su pokazali da se ona može gajati u svim područjima, uz neznatne varijacije u prinosu zrna i da su agroekološki uslovi imali mali uticaj na kvalitet zrna. Na osnovu rezultata dosadašnjih istraživanja, autori su zaključili da u poljoprivrednim područjima naše zemlje postoje veoma pogodni agroekološki uslovi za gajenje ove alternativne ratarske vrste u sistemu ekološke (organske) i održive poljoprivredne proizvodnje. Ipak, problem održive proizvodnje kvinoje na degradiranom zemljištu još uvek nije dovoljno proučen, što je nametnulo potrebu za daljim istraživanjima ove vrste u nas.

Na osnovu prikazanog pregleda literature, može se konstatovati da, iako je proizvodnja kvinoje i heljde već bila predmet mnogih istraživanja u svetu i u Srbiji, zbog različitih pristupa u istraživanju – precizniji podaci o mogućnosti održive proizvodnje visokovredne hrane na

degradiranom zemljištu još uvek nisu sasvim poznati, što ukazuje na potrebu za nastavkom proučavanja ovih vrsta.

2. POLAZNE HIPOTEZE I CILJEVI RADA

Osnovni cilj doktorske teze je ustanoviti mogućnost uspostavljanja održive proizvodnje visokovredne hrane, heljde i kvinoje, na plodnom (livadska crnica) i delimično degradiranom zemljištu (ritska crnica) u Vojvodini, van dosadašnjih areala ovih vrsta.

Iz osnovnog cilja doktorske disertacije proističu sledeći specifični ciljevi:

1. Utvrditi varijabilnost odabranih morfološko-produktivnih osobina heljde i kvinoje na različitim lokalitetima u Vojvodini;
2. Ispitati uticaj agroekoloških činilaca, prvenstveno klimatskih i pedoloških, na održivu proizvodnju kvinoje i heljde u Vojvodini;
3. Komparativnom analizom ustanoviti koja od ovih dveju kultura je produktivnija u različitim agroekološkim uslovima Vojvodine;
4. Utvrditi u kojoj meri se degradirano zemljište može koristiti za održivu proizvodnju visokovredne hrane bez prethodne primene agromeliorativnih mera.

Na temu mogućnosti uspostavljanja održive proizvodnje visokovredne hrane, kvinoje i heljde, na plodnom i delimično degradiranom zemljištu u Vojvodini, može se postaviti nekoliko hipoteza, od kojih se kao najvažnije izdvajaju sledeće tri:

H1: Uspešna i održiva proizvodnja kvinoje i heljde kao visokovredne hrane je moguća i u oblastima van njihovog primarnog areala;

H2: Proizvodnja zrna kvinoje i heljde u Vojvodini može biti održiva u uslovima trenutno vladajućih klimatskih činilaca;

H3: Degradirano zemljište se može koristiti za održivu proizvodnju visokovredne hrane i bez prethodne primene agromeliorativnih mera.

3. MATERIJALI I METODE

3.1. Opis oglednih lokaliteta

Ogledna polja, koja su postavljena za potrebe istraživanja predstavljenih u doktorskoj disertaciji, nalaze se na dva lokaliteta i dva tipa zemljišta u AP Vojvodini.

Vojvodina je samostalna pokrajina u okviru granica Republike Srbije, koja obuhvata severni deo Republike, i to površinu od 21614 km², tj. 24,4% njene teritorije. Nalazi se između 44°38' i 46°10' severne geografske širine i 18°10' i 21°15' istočne geografske dužine. Smeštena je u jugoistočnom delu Evrope. Područje Vojvodine najvećim delom predstavlja dno praistorijskog Panonskog mora. Iz ovog razloga, orografija Vojvodine je pretežno izraženo ravničarska, na nadmorskoj visini od 70 m do 130 m, izuzimajući Vršacke planine (641 m) i Frušku goru (539 m). Pedološka građa pokrivača AP Vojvodine je uprkos ravničarskom odličju njene površine naglašeno raznovrsna. Osnovna klasifikacija pedološkog pokrivača u Vojvodini temelji se na načinu prirodnog vlaženja profila zemljišta. Klasifikaciju zemljišta Vojvodine čine naredne osnovne grupe ili redovi (VOV, 1985): automorfni, hidromorfni i semihidromorfni. Prvi red sačinjavaju zemljišta sa profilom koji se isključivo vlaži atmosferskim talogom, slobodnim proceđivanjem vode, bez dugog zaostajanja viška vode. Rasprostranjena su na oko 51% teritorije pokrajine. Ova skupina zemljišta obuhvata i podgrupu černozemi. Red hidromorfni zemljišta sačinjavaju zemljišta profila koji se (gotovo u celini) suvišno vlaži periodičnim ili konstantno suvišnim vodama poplavnog, atmosferskog i slivnog porekla, neretko uz dopunsko vlaženje nemineralizovanim podzemnim vodama (koje nisu slane). U opisanom režimu vlaženja, tačnije prevlaživanja zemljišta, pore su vodom popunjene, čega je posledica da voda stagnira u zemljišnom profilu. Rasprostranjena su na oko 27% teritorije pokrajine. Navedeni red zemljišta sačinjava i ritska crnica. Red semihidromorfni

zemljišta sačinjavaju zemljišta rasprostranjena na oko 17% teritorije pokrajine. U njih su svrstane livadske crnice, sa gornjim delom profila koji se vlaži atmosferskim talogom, dok donji – podzemnim vodama relativno visokog nivoa. Opisani režim podzemnih voda uglavnom je tipičan za lesne terase, tako da se u sloju oscilacija nivoa voda, na oko 120 cm dubine od površine tla, obrazuje sivomaslinasti glej.



Slika 4. AP Vojvodina, severni deo Republike Srbije

(izvor: <https://bs.wikipedia.org/wiki/Vojvodina>)

Prostor Vojvodine ograničen je administrativnim (državnim) i prirodnim granicama. Sa severne, zapadne i istočne strane, područje Panonske nizije je omeđeno administrativnom granicom R. Srbije ka Mađarskoj, Rumuniji, Bosni i Hercegovini, i Hrvatskoj. Reke Dunav, Sava i Tisa dele je na tri celine Banat, Bačku i Srem. AP Vojvodina je administrativno

podeljena na sledeće pokrajinske upravne okruge: Sremski, Severnobački, Južnobački, Zapadnobački, Srednjobanatski, Severnbanatski i Južnbanatski okrug.

Ogledni lokaliteti na kojima su izvedeni poljski ogledi postavljeni su u Novoj Pazovi i Ilandži. Nova Pazova je naselje u Sremskom okrugu AP Vojvodine u opštini Stara Pazova. Udaljena je 25 km severozapadno od Beograda. Nalazi se na 44°56'25" SGŠ i 20°13'07" IGD, i to na nadmorskoj visini od 87 m. Ilandža je naseljeno mesto u Južnbanatskom okrugu AP Vojvodine u opštini Alibunar. Nalazi se na 45°10'03" SGŠ i 20°55'16" IGD, nadmorskoj visini od 59 m.

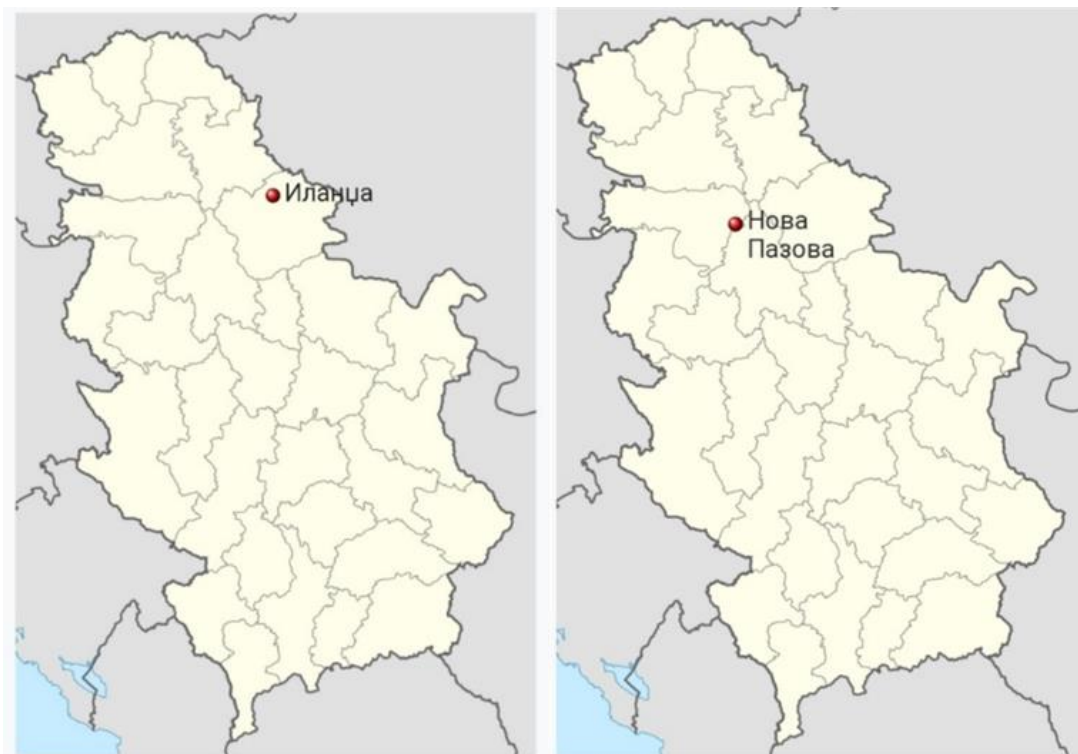


Slika 5. Okruzi AP Vojvodine

(izvor: <https://bs.wikipedia.org/wiki/Vojvodina>)

Ilandža se nalazi na prostoru Južnobanatske lesne zaravni i ona je pretežno ravan plato koji okružuje Deliblatsku peščaru. Lesni plato zahvata prostor između Tamiške doline na severu i zapadu, Alibunarske i Ilandžanske depresije na severoistoku, Belockrvanske kotline i podnožja Vršaćkih planina na istoku i Dunava na jugu. Ova lesna zaravan u južnobanatskom delu pokrajine se prostire na oko 1000 km². Geološka struktura joj je sačinjena od lesno-paleozemljišnih horizonata, heterogene starosti (Zeremski, 1972).

Nova Pazova je smeštena u Sremu – površinski najmanjem regionu AP Vojvodine. Pretežno opsežno planinsko područje Fruške gore čini Srem visinski najistaknutijom celinom među trima geografskim celinama severne pokrajine Srbije. To je jedan od najznamenitijih lesno-paleozemljišnih profila srednjopleistocenske starosti na evropskom kontinentu.



Slika 6. Lokacije oglednih polja (Nova Pazova i Ilandža)

3.1.1. Klimatske karakteristike

Premda klima R. Srbije ispoljava lokalne karakteristike, ona se može uvrstiti u klimu umereno kontinentalnog tipa. Šire gledano, postavljena ogledna polja se nalaze na području AP Vojvodine. Ovo područje je smešteno u centralnom delu severnog umerenog klimatskog pojasa. AP Vojvodina ima odlike podunavske varijante kontinentalne klime, koju karakterišu umereno hladne zime i topla leta, sa ravnomerno raspoređenom količinom padavina. Prosečna godišnja temperatura vazduha je 11°C, u julu iznosi 21,4°C, dok u januaru je -1,3 °C. Prosečno se na godišnjem nivou registruje 550–650 mm atmosferskog taloga. Najviši nivo atmosferskog taloga se registruje u junu, prosečno 65-93 mm, dok najmanji u martu i oktobru u prosečnom opsegu 27-41 mm (Hidrometeorološki zavod Srbije).

Tokom trajanja ogleda, na oba ogledna lokaliteta je praćen toplotni režim, kao i dospele količine padavina u vegetacijskom periodu (april–septembar).

3.1.2. Agrohemijska analiza zemljišta

Poljski ogled je postavljen na dva tipa zemljišta – na plodnoj livadskoj crnici (u Novoj Pazovi), kao i degradiranoj ritskoj crnici (u Ilandži). Livadska crnica spada u hidromorfna zemljišta koja su pod uticajem podzemne vode. Građe profila je A-C-G. Procesu oglejavanja se kod ovog tipa zemljišta odvijaju ispod horizonta matičnog supstrata. Ritska crnica takođe spada u hidromorfna zemljišta koja su pod uticajem podzemne vode. Izdizanje nivoa podzemne vode kod ovog tipa zemljišta je jače izraženo nego kod livadskih crnica, pa su procesi oglejavanja primetni i u dubljim delovima humusno akumulativnog horizonta (Rodić i Pavlović, 1994). Tokom poslednjih nekoliko decenija ovo zemljište u Ilandži bilo je izloženo prekomernom

đubrenju i navodnjavanju, što je dovelo do zasoljavanja oraničnog sloja, kao i preraspodele sitnih agregata i čestica, čime su pogoršane i vodne karakteristike zemljišta.

3.2. Metode analiza zemljišta

Agrohemijske analize su urađene u Agrohemijskoj laboratoriji Univerziteta u Beogradu – Poljoprivrednog fakulteta i obuhvatile su određivanje koncentracije CaCO_3 (%), pH vrednosti (u H_2O i KCl), sadržaja humusa (%), kao i snadbevenosti azotom (%), fosforom (mg/100) i kalijumom (mg/100g), i to na tri dubine (0–29 cm, 30–59 cm i 60–80 cm) pedološkog profila.

Svojstva zemljišta su analizirana prema sadržaju vlage (metodom SPRS ISO 11465-2002), udelu suve materije (metodom SPRS EN 15934), kao i organske materije (Tyurin-ovim spektrofotometrijskim metodom) (FAO, 2021). Organski ugljenik je izračunat korišćenjem faktora 1,724 (Nelson i Sommers, 1982). Sadržaj N_{tot} određen je po Kendall-u (SPRS ISO 13878-2005), dok sadržaj P_2O_5 i K_2O – AL metodom po Egner-Riehm-u.

Metoda SRPS ISO 11465:200, koja se koristi za analizu kvaliteta zemljišta, odnosi se na utvrđivanje količine vode i suve materije u vidu masene frakcije – gravimetrijsku metodu. Navedeni međunarodni standard propisuje metodu za utvrđivanje sadržaja vode i suve materije u pedološkim uzorcima, bez obzira da li su oni vlažni doneti sa terena, ili su najpre vazdušno osušeni.

Metoda SPRS EN 15934, koja se koristi za analizu mulja, tretiranog biootpada, zemljišta i otpada, odnosi se na kalkulaciju postotka suve materije koja zaostaje nakon utvrđivanja sadržaja vode ili suvog ostatka. Navedenim standardom se propisuje metoda za određivanje suve materije u uzorcima, čiji rezultati izvedene analize se utvrđuju shodno sadržaju suve materije. Ovaj standard ima dve metode za izračunavanje. U analizama koje su

predstavljene u ovoj disertaciji, izračunavanje je zasnovano na određivanju suvog ostatka (metoda A), jer uzorak sadrži više od 1% (masenog udela) suvog ostatka.

Metoda SRPS ISO 13878:2005, koja se koristi za analizu kvaliteta zemljišta, odnosi se na određivanje sadržaja ukupnog azota suvim sagorevanjem – na elementarnu analizu. Ovim međunarodnim standardom propisuje se metoda za utvrđivanje totalnog azota u zemljištu nakon suvog sagorevanja i koristi se za sve tipove zemljišta.

3.3. Metoda poljskog ogleda

Poljski ogled je izveden u toku tri uzastopne godine (2017–2019. g.), na oba ogledna lokaliteta (Nova Pazova i Ilandža), i obuhvatio je sortu kvinoje („KVL 52.2“, University for Life Science, Copenhagen, Denmark) i sortu heljde („Novosadska“, Institut za ratarstvo, Novi Sad, Srbija). Setve kultura su obavljene na četiri parcele osnovne veličine 16 m² (4 x 4 m) i izvođene su svake godine početkom aprila, ručnom jednorednom sejalicom, na međurednom rastojanju od 50 cm. Nega je podrazumevala ručno plevljenje korova. Berba kvinoje se izvodila ručno u drugoj polovini avgusta, odsecanjem delova stabala sa cvastima – koje su naknadno dosušivane u provetrenim prostorijama. Posle dosušivanja, ručno su izdvajana zrna koja su propuštanjem kroz sita bila oslobađana plevica i drugih biljnih ostataka. Ručna berba heljde je obavljana u drugoj polovini avgusta. Sa svih parcela, iz dva srednja reda, izdvajano je po 10 biljaka za potrebe analize morfološko-produktivnih osobina. Izdvajano je zrno koje je čišćeno i sušeno do vlažnosti 10%. Prinos je obračunat na datoj vlažnosti i određen je merenjem mase izdvojenih semena. Od morfološko-produktivnih osobina obe vrste analizirane su visina biljaka (cm), prinos zrna (kg ha⁻¹) i prinos biomase (kg ha⁻¹).

3.4. Statistička obrada podataka

Dobijeni numerički podaci su obrađeni deskriptivnim, univarijantnim, dvovarijantnim, regresionim i multivarijantnim statističkim metodama. Deskriptivna statistika je obuhvatila određivanje sledećih statističkih parametara: srednja vrednost (\bar{X}), standardna devijacija ($\pm SD$) kao i koeficijent varijacije (CV, %). Pored toga, izmerene vrednosti morfološko-produktivnih osobina su analizirane i poređenjem minimalnih (MIN), maksimalnih (MAX), kao i srednjih vrednosti sa relevantnim literaturnim podacima. Primenom analize varijanse (ANOVA), kao i Fišerovog post-hoc (LSD) testa, analize osnovnih komponenti (PCA) i klaster analize (CA), utvrđene su razlike između morfološko-produktivnih osobina ispitivanih alternativnih ratarskih kultura i testiran je uticaj agroekoloških činilaca na njihov prinos. Analizama je prethodilo testiranje normalnosti i kolinearnosti podataka. Statističke analize su izvedene u računarskom programu Statgraphics Centurion XVI.I. (2009; Statpoint Technologies, Inc., Warrenton, VA).

3.5. Komparativna i sintetička analiza

Da bi se tumačili rezultati statističke analize, korišćena je metoda indukcije. Deduktivna metoda je omogućila da se na osnovu poznavanja uslova na dva ogledna polja izvedu procene o očekivanom prinosu – u različitim zemljišnim uslovima. Komparativnom metodom su upoređeni i utvrđene su razlike između prinosa zrna dveju proučavanih vrsta alternativnih žita. Pored toga, izvedena je komparacija njihovih produktivnih osobina sa konvencionalnim usevima (pri čemu su se za konvencionalne useve koristili podaci iz literature). Potom, imajući u vidu pojam održive proizvodnje, upoređena je produktivnost, efikasnost i ekonomičnost gajenja alternativnih žita kako bi se utvrdila održivost proizvodnje na plodnom i degradiranom zemljištu. Na kraju, korišćena je metoda sinteze s ciljem donošenja zaključaka o održivosti proizvodnje visokovredne hrane, useva kvinoje i heljde, na degradiranom zemljištu.

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

4.1. Klimatske karakteristike

Tokom trogodišnjeg poljskog ogleđa, na oba lokaliteta je praćen toplotni režim, kao i dospele količine padavina u vegetacijskom periodu (april–septembar). Rezultati praćenja ovih klimatskih karakteristika pokazuju da su srednje temperature vazduha ujednačene po godinama i lokacijama (tabela 1), a količine padavina su u vegetacijskom periodu, po godinama, varirale od 294 mm do 371 mm u Novoj Pazovi, kao i od 211 mm do 309 mm u Ilandži (tabela 2).

Tabela 1. Prosečne temperature vazduha (°C) na oglednim lokalitetima

Mesec/ Godina	Nova Pazova			Ilandža		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019
April	12	11	12	13	14	15
Maj	17	17	18	18	17	19
Jun	18	18	19	19	19	20
Jul	22	23	20	21	21	20
Avgust	23	23	22	23	22	23
Septembar	20	20	21	20	19	19
Prosek	18,7	18,7	18,7	19,0	18,7	19,3

Tabela 2. Mesečne količine padavina (mm) na oglednim lokalitetima

Mesec/ Godina	Nova Pazova			Ilandža		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019
April	22	16	55	25	17	54
Maj	51	60	45	33	28	30
Jun	77	115	68	21	98	64
Jul	88	70	94	60	65	86
Avgust	34	44	67	35	37	45
Septembar	22	29	42	37	39	30
Ukupno	294	334	371	211	284	309

4.2. Analiza zemljišta

Kako je poljski ogled postavljen na dva tipa zemljišta – na plodnoj livadskoj crnici (u Novoj Pazovi), kao i degradiranoj ritskoj crnici (u Ilandži), na oba ova lokaliteta izvedena je agrohemijska analiza, koja je dala sledeće rezultate.

Zemljište u Novoj Pazovi, tipa livadska crnica, humusno je (3,60%), u sloju do 80 cm je dobro obezbeđeno pristupačnim azotom (0,18%), optimalno obezbeđeno fosforom (7,05 mg/100 g zemlje) i kalijumom (23,75 mg/100 g zemlje), neutralne reakcije (pH u KCl=7,60). Reakcija zemljišnog rastvora površinskog analiziranog sloja zemljišta (0–29 cm) na prelazu je između umereno i jako alkalne. Sa dubinom zemljišta – pH vrednost zemljišnog rastvora se povećava, a reakcija prelazi u jako alkalnu. Alkalna reakcija celom analiziranom dubinom zemljišta je posledica prisustva slobodnih karbonata. Prema sadržaju slobodnih karbonata, čak i površinski sloj zemljišta je veoma karbonatan. Sa dubinom soluma, sadržaj karbonata se povećava. Prema sadržaju humusa – analizirana livadska crnica je dosta humusna celom dubinom. Ukupnim azotom zemljište je celom dubinom srednje obezbeđeno. Biljkama lako pristupačnim fosforom zemljište je u površinskom sloju srednje obezbeđeno, a u dubljem analiziranom sloju – slabo. Obezbeđenost biljkama lako pristupačnim oblicima kalijuma zemljište je dobro obezbeđeno celom dubinom (tabela 3).

Tabela 3. Agrohemijske osobine zemljišta na oglednom polju u Novoj Pazovi

Dubina cm	CaCO ₃ %	pH H ₂ O	PH nKCl	Humus %	Ukupan N %	P ₂ O ₅ mg/100g	K ₂ O mg/100g
0-29	14,22	8,5	7,5	3,80	0,19	11,9	25,0
30-59	15,48	8,6	7,7	4,01	0,20	2,2	22,5
60-80	21,75	8,8	7,8	3,01	0,15	-	-

Zemljište u Ilandži, tipa ritska crnica, po reakciji zemljišnog rastvora je u površinskom (0–29 cm) i u dubljem analiziranom sloju (30–59 cm) slabo alkalno. Sa dubinom zemljišta pH vrednost rastvora u vodi se povećava, tako da u najdubljem sloju zemljišta reakcija postaje umereno alkalna. Alkalna reakcija je posledica prisustva slobodnih karbonata, čiji se sadržaj povećava sa dubinom. Prema sadržaju karbonata površinski slojevi su karbonatni, a najdublji analizirani sloj je veoma karbonatan. Prema sadržaju humusa zemljište je slabo humusno celom dubinom soluma, dobro obezbeđeno ukupnim azotom u površinskim slojevima, a srednje u najdubljem sloju. Biljkama lako pristupačnim oblicima fosfora površinski sloj zemljišta je dobro obezbeđen, dublji analizirani sloj srednje, a najdublji sloj slabo. Obezbeđenost biljkama lako pristupačnim oblicima kalijuma je takođe u površinskom sloju dobra, u srednjem sloju srednja, a u najdubljem sloju slaba (tabela 4).

Tabela 4. Agrohemijske osobine zemljišta na oglednom polju u Ilandži

Dubina cm	CaCO ₃ %	pH H ₂ O	PH nKCl	Humus %	Ukupan N %	P ₂ O ₅ mg/100g	K ₂ O mg/100g
0-29	4,32	7,73	7,39	2,99	0,23	35,0	22,0
30-59	5,61	7,77	7,47	2,92	0,21	13,0	10,8
60-80	22,70	7,92	7,71	1,57	0,15	4,0	8,0

4.3. Analiza uticaja agroekoloških činilaca i varijabilnost morfološko-produktivnih osobina heljde i kvinoje na lokalitetima u Vojvodini

Na osnovu oglednih podataka o proučavanim morfološko-produktivnim osobinama, određenih za jednu sortu heljde i jednu sortu kvinoje čiji su usevi proizvedeni tokom tri uzastopne godine na dva lokaliteta u Vojvodini, dat je pregled rezultata o uspešnosti gajenja ovih dveju vrsta alternativnih žita na plodnom i umereno degradiranom zemljištu, kao i u okviru svake istraživačke godine. Rezultati uticaja agroekoloških činilaca na tri morfološko-

produktivne osobine kvinoje i heljde i njihove varijabilnosti prikazani su u tabelama 5–24. Ovi podaci su predstavljeni i grafički (slike 7–10).

U tabelama 5–7, navedeni su podaci o varijabilnosti visine jedinki, prinosa i biomase heljde na plodnom i umereno degradiranom zemljištu, kao i rezultati uticaja pedoloških uslova na ove tri morfološko-produktivne osobine heljde.

Visina jedinki heljde na plodnom zemljištu u proseku iznosila je 135,89 cm. Minimalna izmerena vrednost je bila 120,70 cm, a maksimalna – 143,00 cm. Za ovu morfološku odliku heljde ustanovljen je koeficijent varijacije 3,81%. S druge strane, na umereno degradiranom zemljištu, izračunata je prosečna visina jedinki 115,48 cm. Minimalna izmerena vrednost je bila 100,70 cm, a maksimalna – 129,20 cm. Ustanovljen je koeficijent varijacije 6,24%. Prema rezultatima analize varijanse (ANOVA), srednje vrednosti utvrđene za visinu jedinki heljde na plodnom i degradiranom zemljištu se među sobom statistički značajno razlikuju ($p = 0,0000$) (tabela 5). Na osnovu toga, može se konstatovati da visina jedinki ove alternativne ratarske vrste zavisi od plodnosti zemljišta, u smislu da se usevi koji su proizvedeni na plodnom zemljištu odlikuju većom visinom jedinki od onih proizvedenih na delimično degradiranom zemljištu.

Tabela 5. Analiza varijanse za visinu jedinki (cm) heljde na plodnom i degradiranom zemljištu

Zemljište	N	\bar{X}	MIN	MAX	SD	CV, %	F	P
Plodno zemljište	30	135,89 a	120,70	143,00	5,18	3,81	158,50	0,0000
Degradirano zemljište	30	115,48 b	100,70	129,20	7,22	6,24		

Napomena: Srednje vrednosti sa različitim slovnim oznakama u okviru kolone su međusobno statistički značajno različite u nivou poverenja 95%.

Prinos heljde na plodnom zemljištu u proseku je bio 912,97 kg ha⁻¹. Minimalna zabeležena vrednost je 830,00 kg ha⁻¹, a maksimalna – 980,00 kg ha⁻¹. Za ovu produktivnu odliku heljde ustanovljen je koeficijent varijacije 5,05%. S druge strane, na umereno

degradiranom zemljištu, izračunat je prosečan prinos 769,50 kg ha⁻¹. Minimalna zabeležena vrednost je 626,00 kg ha⁻¹, a maksimalna – 880,00 kg ha⁻¹. Određen je koeficijent varijacije 8,67%. Prema analizi varijanse (ANOVA), razlika koja je utvrđena između srednjih vrednosti za prinos heljde na plodnom i degradiranom zemljištu je statistički značajna ($p = 0,0000$) (tabela 6). Na osnovu toga, može se konstatovati da prinos ove alternativne ratarske vrste zavisi od plodnosti zemljišta, u smislu da se usevi koji su proizvedeni na plodnom zemljištu odlikuju većim prinosom od onih proizvedenih na delimično degradiranom zemljištu.

Tabela 6. Analiza varijanse za prinos (kg ha⁻¹) heljde na plodnom i degradiranom zemljištu

Zemljište	N	\bar{X}	MIN	MAX	SD	CV, %	F	P
Plodno zemljište	30	912,97 a	830,00	980,00	46,14	5,05	93,84	0,0000
Degradirano zemljište	30	769,50 b	626,00	880,00	66,72	8,67		

Napomena: Srednje vrednosti sa različitim slovnim oznakama u okviru kolone su međusobno statistički značajno različite u nivou poverenja 95%.

Biomasa heljde dobijena na plodnom zemljištu je u proseku 5704,20 kg ha⁻¹. Minimalna zabeležena vrednost je 5420,00 kg ha⁻¹, a maksimalna – 5885,00 kg ha⁻¹. Za ovu produktivnu odliku heljde ustanovljen je koeficijent varijacije 2,35%. S druge strane, na umereno degradiranom zemljištu, dobijena je prosečna biomasa u iznosu 4801,70 kg ha⁻¹. Minimalna zabeležena vrednost je 4185,00 kg ha⁻¹, a maksimalna – 5570,00 kg ha⁻¹. Ustanovljen je koeficijent varijacije 7,45%. Analizom varijanse (ANOVA) utvrđena je statistički značajna razlika ($p = 0,0000$) između srednjih vrednosti određenih za biomasu heljde na plodnom i degradiranom zemljištu (tabela 7). Na osnovu toga, može se konstatovati da biomasa ove alternativne ratarske vrste zavisi od plodnosti zemljišta, u smislu da se usevi koji su proizvedeni na plodnom zemljištu odlikuju većom biomasom od onih proizvedenih na delimično degradiranom zemljištu.

Tabela 7. Analiza varijanse za biomasu (kg ha^{-1}) heljde na plodnom i degradiranom zemljištu

Zemljište	N	\bar{X}	MIN	MAX	SD	CV, %	F	P
Plodno zemljište	30	5704,20 a	5420,00	5885,00	134,21	2,35	167,52	0,0000
Degradirano zemljište	30	4801,70 b	4185,00	5570,00	357,56	7,45		

Napomena: Srednje vrednosti sa različitim slovnim oznakama u okviru kolone su međusobno statistički značajno različite u nivou poverenja 95%.

U tabelama 8–10, prikazani su podaci o varijabilnosti visine jedinki, prinosa i biomase heljde za svaku istraživačku godinu (2017–2019), kao i rezultati uticaja ekoloških uslova koji su vladali u toku vegetacijskih sezona na tri proučavane morfološko-produktivne osobine heljde.

Prosečna visina jedinki heljde je tokom triju istraživačkih godina varirala od 120,35 cm (u 2018) do 128,38 cm (u 2017). Minimalna vrednost je takođe izmerena u 2018. godini i iznosila je 100,70 cm. Maksimalna vrednost je iznosila 143,00 cm, a zabeležena je u 2019. godini. Za ovu morfološku osobinu heljde, ustanovljeni su koeficijenti varijacije koji su imali raspon od 8,04% do 10,49% – u zavisnosti od istraživačke godine. Rezultati analize varijanse (ANOVA) ukazuju na statistički značajnu razliku ($p = 0,0497$) između srednjih vrednosti utvrđenih za visinu jedinki heljde po istraživačkim godinama (tabela 8). Na osnovu toga, može se konstatovati da visina jedinki ove alternativne ratarske vrste zavisi od ekoloških uslova koji su vladali u određenoj vegetacijskoj sezoni.

Tabela 8. Analiza varijanse za visinu jedinki (cm) heljde između istraživačkih godina

Godina istraživanja	N	\bar{X}	MIN	MAX	SD	CV, %	F	P
2017.	20	128,38 a	110,40	140,00	10,32	8,04		
2018.	20	120,35 b	100,70	138,20	12,63	10,49	3,17	0,0497
2019.	20	128,33 a	110,30	143,00	11,77	9,17		

Napomena: Srednje vrednosti sa različitim slovnim oznakama u okviru kolone su međusobno statistički značajno različite u nivou poverenja 95%.

Prosečan prinos heljde je zavisno od istraživačke godine varirao od 776,55 kg ha⁻¹ (u 2018) do 879,90 kg ha⁻¹ (u 2019). Minimalna vrednost je takođe izmerena u 2018. godini i iznosila je 626,00 kg ha⁻¹. Maksimalna vrednost je 980,00 kg ha⁻¹, a zabeležena je u 2017. godini. Za ovu produktivnu osobinu heljde, ustanovljeni su koeficijenti varijacije koji su varirali od 7,43% do 11,19%, u zavisnosti od istraživačke godine. Rezultati analize varijanse (ANOVA) ukazuju na statistički značajnu razliku ($p = 0,0002$) između srednjih vrednosti utvrđenih za prinos heljde po istraživačkim godinama (tabela 9). Na osnovu toga, može se konstatovati da prinos ove alternativne ratarske vrste zavisi od ekoloških uslova koji su vladali u određenoj vegetacijskoj sezoni.

Tabela 9. Analiza varijanse za prinos (kg ha⁻¹) heljde između istraživačkih godina

Godina istraživanja	N	\bar{X}	MIN	MAX	SD	CV, %	F	P
2017.	20	867,25 a	725,00	980,00	88,22	10,17		
2018.	20	776,55 b	626,00	880,00	86,90	11,19	9,73	0,0002
2019.	20	879,90 a	780,00	960,00	65,33	7,43		

Napomena: Srednje vrednosti sa različitim slovnim oznakama u okviru kolone su međusobno statistički značajno različite u nivou poverenja 95%.

Prosečna biomasa heljde je od godine do godine varirala od 5000,40 kg ha⁻¹ (u 2018) do 5452,60 kg ha⁻¹ (u 2019). Minimalna vrednost je takođe izmerena u 2018. godini i iznosila je 4185,00 kg ha⁻¹. Maksimalna vrednost za sve tri istraživačke godine je iznosila 5885,00 kg ha⁻¹. Za ovu produktivnu osobinu heljde, ustanovljeni su koeficijenti varijacije koji su imali raspon od 6,51% do 12,48% – u zavisnosti od istraživačke godine. Rezultati analize varijanse (ANOVA) ukazuju na statistički značajnu razliku ($p = 0,0192$) između srednjih vrednosti utvrđenih za biomasu heljde po istraživačkim godinama (tabela 10). Na osnovu toga, može se konstatovati da biomasa ove alternativne ratarske vrste zavisi od ekoloških uslova koji su vladali u određenoj vegetacijskoj sezoni.

Tabela 10. Analiza varijanse za biomasu (kg ha^{-1}) heljde između istraživačkih godina

Godina istraživanja	N	\bar{X}	MIN	MAX	SD	CV, %	F	P
2017.	20	5305,85 ab	4670,00	5885,00	488,06	9,20		
2018.	20	5000,40 b	4185,00	5885,00	624,17	12,48	4,24	0,0192
2019.	20	5452,60 a	4680,00	5885,00	354,74	6,51		

Napomena: Srednje vrednosti sa različitim slovnim oznakama u okviru kolone su međusobno statistički značajno različite u nivou poverenja 95%.

U tabelama 11–13, navedeni su podaci o varijabilnosti visine jedinki, prinosa i biomase kvinoje na plodnom i umereno degradiranom zemljištu, kao i rezultati uticaja pedoloških uslova na ove tri morfološko-produktivne osobine kvinoje.

Visina jedinki kvinoje je na plodnom zemljištu u proseku iznosila 144,30 cm. Minimalna izmerena vrednost je bila 112,00 cm, maksimalna – 152,00 cm. Za ovu morfološku odliku kvinoje ustanovljen je koeficijent varijacije 5,38%. S druge strane, na umereno degradiranom zemljištu, određena je prosečna visina jedinki 141,07 cm. Minimalna izmerena vrednost je bila 129,00 cm, a maksimalna – 150,00 cm. Ustanovljen je koeficijent varijacije 4,22%. Prema rezultatima analize varijanse (ANOVA), ne postoji statistički signifikantna razlika ($p = 0,0754$) između srednjih vrednosti utvrđenih za visinu jedinki kvinoje na plodnom i degradiranom zemljištu (tabela 11). Na osnovu toga, može se konstatovati da visina jedinki ove alternativne ratarske vrste ne zavisi od pedoloških uslova.

Tabela 11. Analiza varijanse za visinu jedinki (cm) kvinoje na plodnom i degradiranom zemljištu

Zemljište	N	\bar{X}	MIN	MAX	SD	CV, %	F	P
Plodno zemljište	30	144,30 a	112,00	152,00	7,76	5,38	3,28	0,0754
Degradirano zemljište	30	141,07 a	129,00	150,00	5,96	4,22		

Napomena: Srednje vrednosti sa različitim slovnim oznakama u okviru kolone su međusobno statistički značajno različite u nivou poverenja 95%.

Prinos kvinoje je na plodnom zemljištu u proseku iznosio 946,63 kg ha⁻¹. Minimalna zabeležena vrednost je 875,00 kg ha⁻¹, a maksimalna – 1010,00 kg ha⁻¹. Za ovu produktivnu osobinu kvinoje ustanovljen je koeficijent varijacije 4,12%. S druge strane, na umereno degradiranom zemljištu, izračunat je prosečan prinos 600,27 kg ha⁻¹. Minimalna zabeležena vrednost je 488,00 kg ha⁻¹, a maksimalna – 710,00 kg ha⁻¹. Određen je koeficijent varijacije 11,56%. Analizom varijanse (ANOVA) ustanovljena je statistički značajna razlika ($p = 0,0000$) između srednjih vrednosti određenih za prinos kvinoje na plodnom i degradiranom zemljištu (tabela 12). Na osnovu toga, može se konstatovati da prinos ove alternativne ratarske vrste zavisi od pedoloških uslova, u smislu da se usevi proizvedeni na plodnijem zemljištu karakterišu većim prinosom od onih proizvedenih na delimično degradiranom zemljištu.

Tabela 12. Analiza varijanse za prinos (kg ha⁻¹) kvinoje na plodnom i degradiranom zemljištu

Zemljište	N	\bar{X}	MIN	MAX	SD	CV, %	F	P
Plodno zemljište	30	946,63 a	875,00	1010,00	39,00	4,12	568,39	0,0000
Degradirano zemljište	30	600,27 b	488,00	710,00	69,36	11,56		

Napomena: Srednje vrednosti sa različitim slovnim oznakama u okviru kolone su međusobno statistički značajno različite u nivou poverenja 95%.

Biomasa kvinoje dobijena na plodnom zemljištu je u proseku bila 1010,00 kg ha⁻¹. Minimalna zabeležena vrednost je 945,00 kg ha⁻¹, a maksimalna – 1120,00 kg ha⁻¹. Za ovu produktivnu odliku kvinoje ustanovljen je koeficijent varijacije 5,49%. S druge strane, na umereno degradiranom zemljištu, dobijena je prosečna biomasa u iznosu 804,40 kg ha⁻¹. Minimalna zabeležena vrednost je 540,00 kg ha⁻¹, a maksimalna – 974,00 kg ha⁻¹. Ustanovljen je koeficijent varijacije 16,92%. Rezultati analize varijanse (ANOVA) ukazuju na statistički značajnu razliku ($p = 0,0000$) između srednjih vrednosti određenih za biomasu kvinoje na plodnom i degradiranom zemljištu (tabela 13). Na osnovu toga, može se konstatovati da biomasa ove alternativne ratarske vrste zavisi od pedoloških uslova gajenja, tako da se usevi

proizvedeni na plodnijem zemljištu odlikuju većom biomasom od onih proizvedenih na delimično degradiranom zemljištu.

Tabela 13. Analiza varijanse za biomasu (kg ha^{-1}) kvinoje na plodnom i degradiranom zemljištu

Zemljište	N	\bar{X}	MIN	MAX	SD	CV, %	F	P
Plodno zemljište	30	1010,00 a	945,00	1120,00	55,47	5,49	58,73	0,0000
Degradirano zemljište	30	804,40 b	540,00	974,00	136,07	16,92		

Napomena: Srednje vrednosti sa različitim slovnim oznakama u okviru kolone su međusobno statistički značajno različite u nivou poverenja 95%.

U tabelama 14–16, prikazani su podaci o varijabilnosti visine jedinki, prinosa i biomase kvinoje za svaku istraživačku godinu (2017–2019), kao i rezultati uticaja ekoloških uslova koji su vladali tokom ovih godina na tri proučavane morfološko-produktivne osobine kvinoje.

Prosečna visina jedinki kvinoje je tokom triju istraživačkih godina varirala od 138,20 cm (u 2019) do 147,85 cm (u 2017). Minimalna vrednost je takođe izmerena u 2019. godini i iznosila je 112,00 cm. Maksimalna vrednost je iznosila 152,00 cm i takođe je zabeležena u 2017. godini. Za ovu morfološku osobinu kvinoje, ustanovljeni su koeficijenti varijacije koji su imali raspon 2,27–5,14%, u zavisnosti od istraživačke godine. Rezultati analize varijanse (ANOVA) pokazuju da postoji statistički značajna razlika ($p = 0,0000$) između srednjih vrednosti utvrđenih za visinu jedinki kvinoje po istraživačkim godinama (tabela 14). Na osnovu toga, može se konstatovati da visina jedinki ove alternativne ratarske vrste zavisi od ekoloških uslova koji su vladali u određenoj vegetacijskoj sezoni.

Tabela 14. Analiza varijanse za visinu jedinki (cm) kvinoje između istraživačkih godina

Godina istraživanja	N	\bar{X}	MIN	MAX	SD	CV, %	F	P
2017.	20	147,85 a	141,00	152,00	3,36	2,27	13,57	0,0000
2018.	20	142,00 b	129,00	151,00	6,54	4,60		
2019.	20	138,20 c	112,00	148,00	7,11	5,14		

Napomena: Srednje vrednosti sa različitim slovnim oznakama u okviru kolone su međusobno statistički značajno različite u nivou poverenja 95%.

Prosečan prinos kvinoje je zavisno od istraživačke godine varirao od 734,55 kg ha⁻¹ (u 2019) do 830,85 kg ha⁻¹ (u 2017). Minimalna vrednost je izmerena u 2018. godini i iznosila je 488,00 kg ha⁻¹. Maksimalna vrednost je 1010,00 kg ha⁻¹, takođe je zabeležena u 2017. godini. Za ovu produktivnu osobinu kvinoje, ustanovljeni su koeficijenti varijacije koji su varirali od 19,71% do 26,19%, u zavisnosti od istraživačke godine. Prema rezultatima analize varijanse (ANOVA), ne postoji statistički značajna razlika ($p = 0,2187$) između srednjih vrednosti određenih za prinos kvinoje po istraživačkim godinama (tabela 15). Na osnovu toga, može se konstatovati da prinos ove alternativne ratarske vrste ne zavisi od ekoloških uslova u određenoj vegetacijskoj sezoni.

Tabela 15. Analiza varijanse za prinos (kg ha⁻¹) kvinoje između istraživačkih godina

Godina istraživanja	N	\bar{X}	MIN	MAX	SD	CV, %	F	P
2017.	20	830,85 a	620,00	1010,00	163,73	19,71		
2018.	20	754,95 a	488,00	968,00	197,69	26,19	1,56	0,2187
2019.	20	734,55 a	490,00	933,00	181,85	24,76		

Napomena: Srednje vrednosti sa različitim slovnim oznakama u okviru kolone su međusobno statistički značajno različite u nivou poverenja 95%.

Prosečna biomasa kvinoje je od godine do godine varirala od 829,90 kg ha⁻¹ (u 2019) do 969,60 kg ha⁻¹ (u 2017). Minimalna vrednost je takođe izmerena u 2019. godini i iznosila je 540,00 kg ha⁻¹. Maksimalna vrednost je iznosila 1120,00 kg ha⁻¹, a zabeležena je u 2018. godini. Za ovu produktivnu osobinu kvinoje, ustanovljeni su koeficijenti varijacije koji su imali raspon od 5,87% do 23,78% – u zavisnosti od istraživačke godine. Analizom varijanse (ANOVA) detektovana je statistički značajna razlika ($p = 0,0069$) između srednjih vrednosti određenih za biomasu kvinoje po istraživačkim godinama (tabela 16). Na osnovu toga, može se konstatovati da biomasa ove alternativne ratarske vrste zavisi od ekoloških uslova koji su vladali u određenoj vegetacijskoj sezoni.

Tabela 16. Analiza varijanse za biomasu (kg ha^{-1}) kvinoje između istraživačkih godina

Godina istraživanja	N	\bar{X}	MIN	MAX	SD	CV, %	F	P
2017.	20	969,60 a	840,00	1103,00	56,87	5,87		
2018.	20	922,10 a	740,00	1120,00	116,29	12,61	5,43	0,0069
2019.	20	829,90 b	540,00	1100,00	197,36	23,78		

Napomena: Srednje vrednosti sa različitim slovnim oznakama u okviru kolone su međusobno statistički značajno različite u nivou poverenja 95%.

U tabelama 17–20, dvofaktorskom analizom varijanse testiran je uticaj plodnosti zemljišta i istraživačke godine, ili visine jedinki, na prinos ili biomasu heljde, kao i mogućnost postojanja interakcije između proučavanih dvaju faktora.

Kada je reč o prinosu heljde, dvofaktorska analiza varijanse je pokazala da postoji statistički signifikantan uticaj ($p = 0,0000$) plodnosti zemljišta i istraživačke godine na ovu produktivnu osobinu heljde, međutim, nije ustanovljena statistički značajno sadejstvo dvaju proučavanih faktora ($p = 0,1585$) (tabela 17). S druge strane, istovremena analiza uticaja plodnosti zemljišta i visine jedinki na prinos heljde nije dala statistički značajne rezultate ($p > 0,05$) (tabela 18).

Tabela 17. Dvofaktorska analiza varijanse za prinos (kg ha^{-1}) heljde u zavisnosti od zemljišta i istraživačke godine

Izvor variranja	Suma kvadrata	Stepen slobode	Srednji kvadrat	F	P
Faktori					
A: Zemljište	308740,00	1	308740,00	280,14	0,0000
B: Godina	127118,00	2	63559,10	57,67	0,0000
Interakcija faktora					
AB	4201,23	2	2100,62	1,91	0,1585
Greška:	59513,00	54	1102,09		
Ukupno:	499573,00	59			

Tabela 18. Dvofaktorska analiza varijanse za prinos (kg ha^{-1}) heljde u zavisnosti od zemljišta i visine jedinki

Izvor variranja	Suma kvadrata	Stepen slobode	Srednji kvadrat	F	P
Faktori					
A: Zemljište	200,00	1	200,00	0,09	0,7680
B: Visina jedinki	175947,00	51	3449,95	1,62	0,2602
Greška:	14885,20	7	2126,46		
Ukupno:	499573,00	59			

Kada je reč o biomasi heljde, dvofaktorska analiza varijanse je pokazala da postoji statistički signifikantan uticaj ($p = 0,0000$) plodnosti zemljišta i istraživačke godine na ovu produktivnu osobinu heljde, kao i statistički značajno sadejstvo dvaju proučavanih faktora ($p = 0,0000$) (tabela 19). S druge strane, istovremena analiza uticaja plodnosti zemljišta i visine jedinki na biomasu heljde dala je statističku signifikantnost samo za faktor plodnosti zemljišta ($p = 0,0392$), dok visina jedinki nije imala značajan uticaj na dobijenu biomasu heljde ($p = 0,0582$) (tabela 20).

Tabela 19. Dvofaktorska analiza varijanse za biomasu (kg ha^{-1}) heljde u zavisnosti od zemljišta i istraživačke godine

Izvor variranja	Suma kvadrata	Stepen slobode	Srednji kvadrat	F	P
Faktori					
A: Zemljište	1,22176	1	1,22176	534,09	0,0000
B: Godina	2,1288	2	1,0644	46,53	0,0000
Interakcija faktora					
AB	865970,00	2	432985,00	18,93	0,0000
Greška:	1,235270	54	22875,40		
Ukupno:	1,644760	59			

Tabela 20. Dvofaktorska analiza varijanse za biomasu (kg ha^{-1}) heljde u zavisnosti od zemljišta i visine jedinki

Izvor variranja	Suma kvadrata	Stepen slobode	Srednji kvadrat	F	P
Faktori					
A: Zemljište	162450,00	1	162450,00	6,40	0,0392
B: Visina jedinki	4,05242	51	79459,20	3,13	0,0582
Greška:	177626,00	7	25375,10		
Ukupno:	1,64476	59			

U tabelama 21–24, dvofaktorskom analizom varijanse testiran je uticaj plodnosti zemljišta i istraživačke godine, ili visine jedinki, na prinos ili biomasu kvinoje, kao i mogućnost postojanja interakcije između proučavanih dvaju faktora.

Kada je reč o prinosu kvinoje, dvofaktorska analiza varijanse je pokazala da postoji statistički signifikantan uticaj ($p = 0,0000$) plodnosti zemljišta i istraživačke godine na ovu produktivnu osobinu kvinoje, kao i statistički značajno sadejstvo dvaju proučavanih faktora ($p = 0,0340$) (tabela 21). Istovremena analiza uticaja plodnosti zemljišta i visine jedinki na prinos kvinoje je isto tako dala statistički značajne rezultate za oba proučavana faktora ($p < 0,05$) (tabela 22).

Tabela 21. Dvofaktorska analiza varijanse za prinos ($kg\ ha^{-1}$) kvinoje u zavisnosti od zemljišta i istraživačke godine

Izvor variranja	Suma kvadrata	Stepen slobode	Srednji kvadrat	F	P
Faktori					
A: Zemljište	1,79955	1	1,79955	1366,10	0,0000
B: Godina	103004,00	2	51502,20	39,10	0,0000
Interakcija faktora					
AB	9492,93	2	4746,47	3,60	0,0340
Greška:	71133,50	54	1317,29		
Ukupno:	1,98318	59			

Tabela 22. Dvofaktorska analiza varijanse za prinos ($kg\ ha^{-1}$) kvinoje u zavisnosti od zemljišta i visine jedinki

Izvor variranja	Suma kvadrata	Stepen slobode	Srednji kvadrat	F	P
Faktori					
A: Zemljište	849156,00	1	849156,00	354,94	0,0000
B: Visina jedinki	92720,50	20	4636,02	1,94	0,0390
Greška:	90910,40	38	2392,38		
Ukupno:	1,98318	59			

Kada je reč o biomasi kvinoje, dvofaktorska analiza varijanse je pokazala da postoji statistički signifikantan uticaj ($p = 0,0000$) plodnosti zemljišta i istraživačke godine na ovu

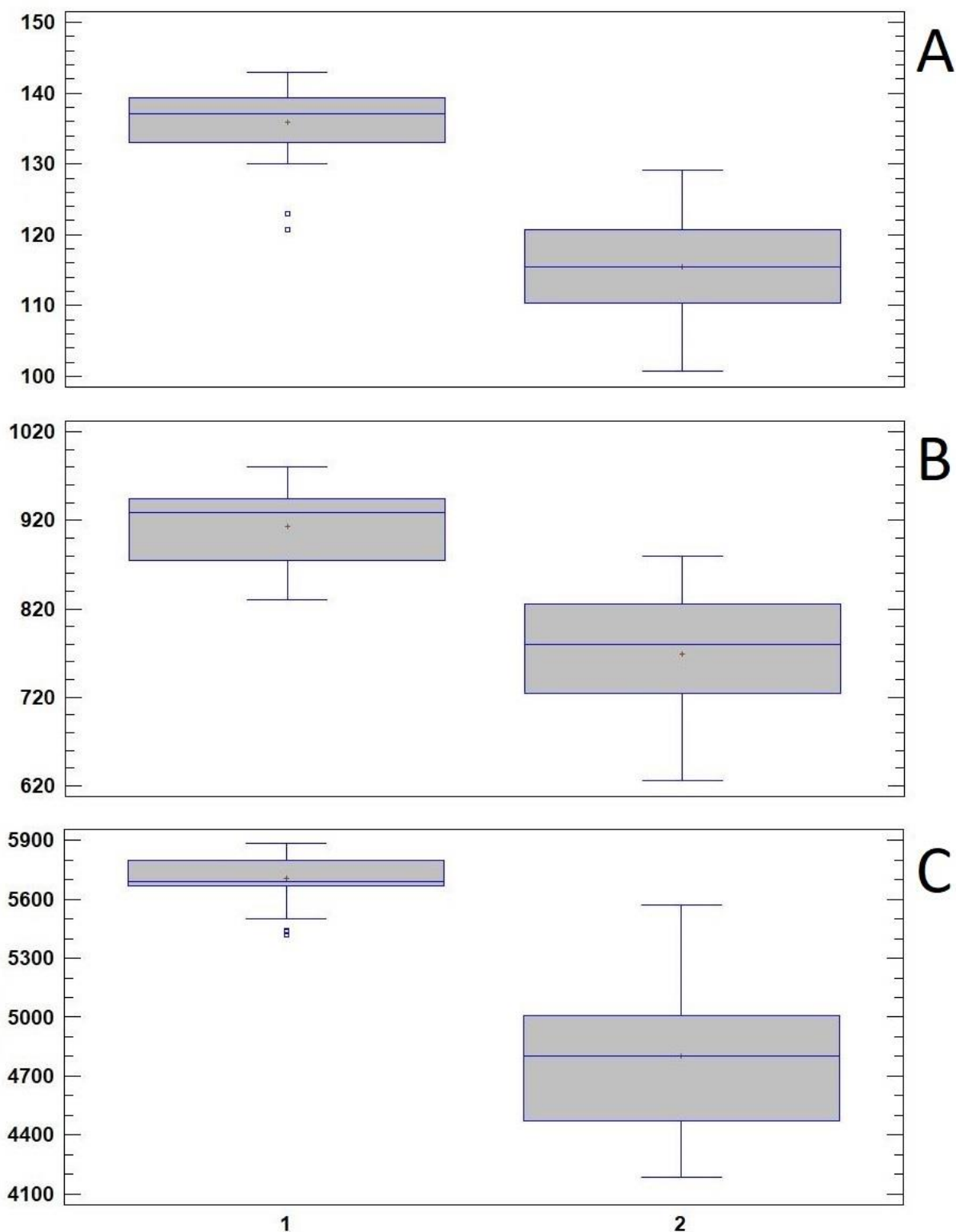
produktivnu osobinu kvinoje, kao i statistički značajno sadejstvo dvaju proučavanih faktora ($p = 0,0000$) (tabela 23). S druge strane, istovremena analiza uticaja plodnosti zemljišta i visine jedinki na biomasu kvinoje dala je statističku signifikantnost samo za faktor plodnosti zemljišta ($p = 0,0009$), dok visina jedinki nije imala značajan uticaj na dobijenu biomasu kvinoje ($p = 0,7778$) (tabela 24).

Tabela 23. Dvofaktorska analiza varijanse za biomasu (kg ha^{-1}) kvinoje u zavisnosti od zemljišta i istraživačke godine

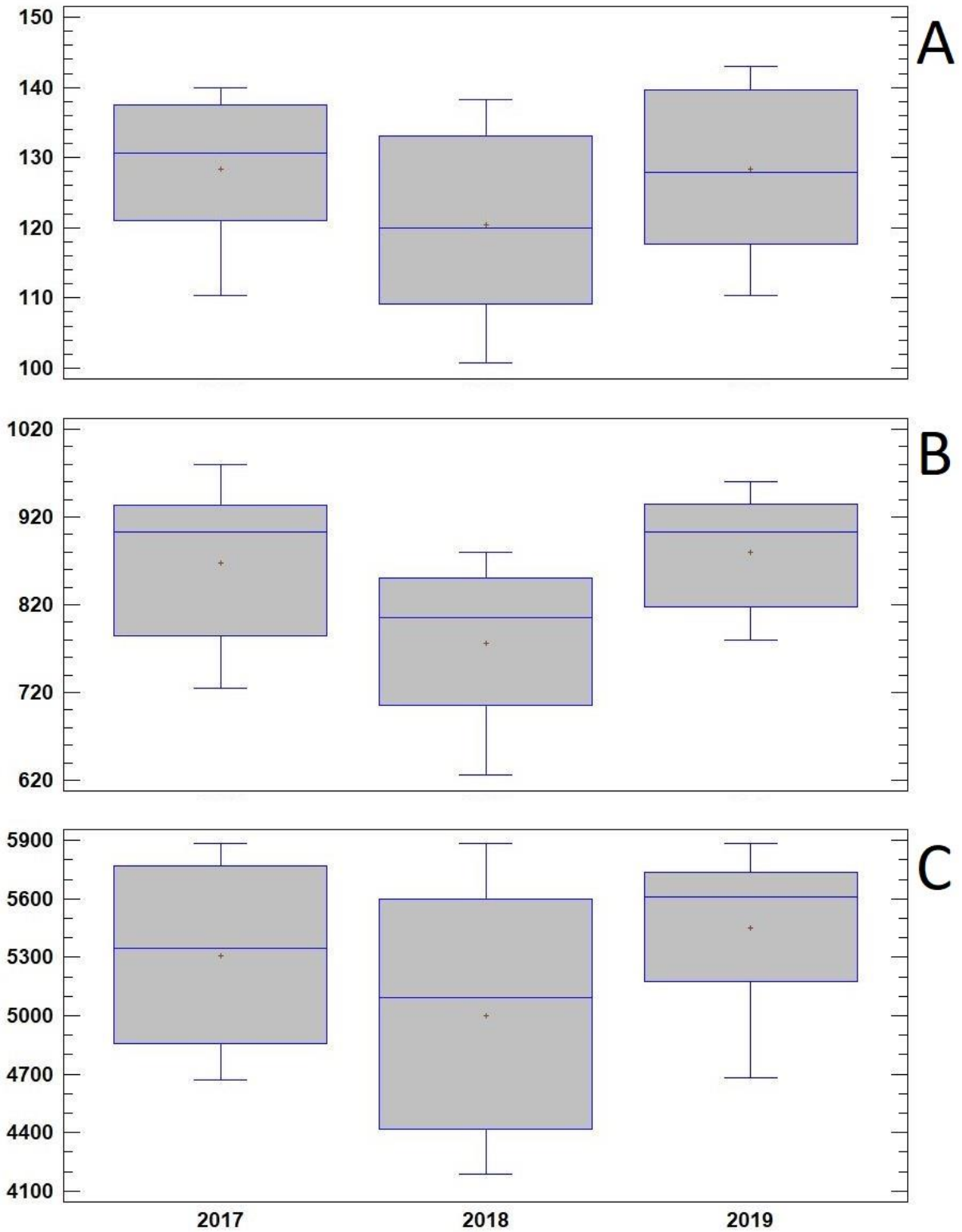
Izvor variranja	Suma kvadrata	Stepen slobode	Srednji kvadrat	F	P
Faktori					
A: Zemljište	634070,	1	634070,	184,11	0,0000
B: Godina	201821,	2	100911,	29,30	0,0000
Interakcija faktora					
AB	238404,	2	119202,	34,61	0,0000
Greška:	185974,00	54	3443,96		
Ukupno:	1,26027	59			

Tabela 24. Dvofaktorska analiza varijanse za biomasu (kg ha^{-1}) kvinoje u zavisnosti od zemljišta i visine jedinki

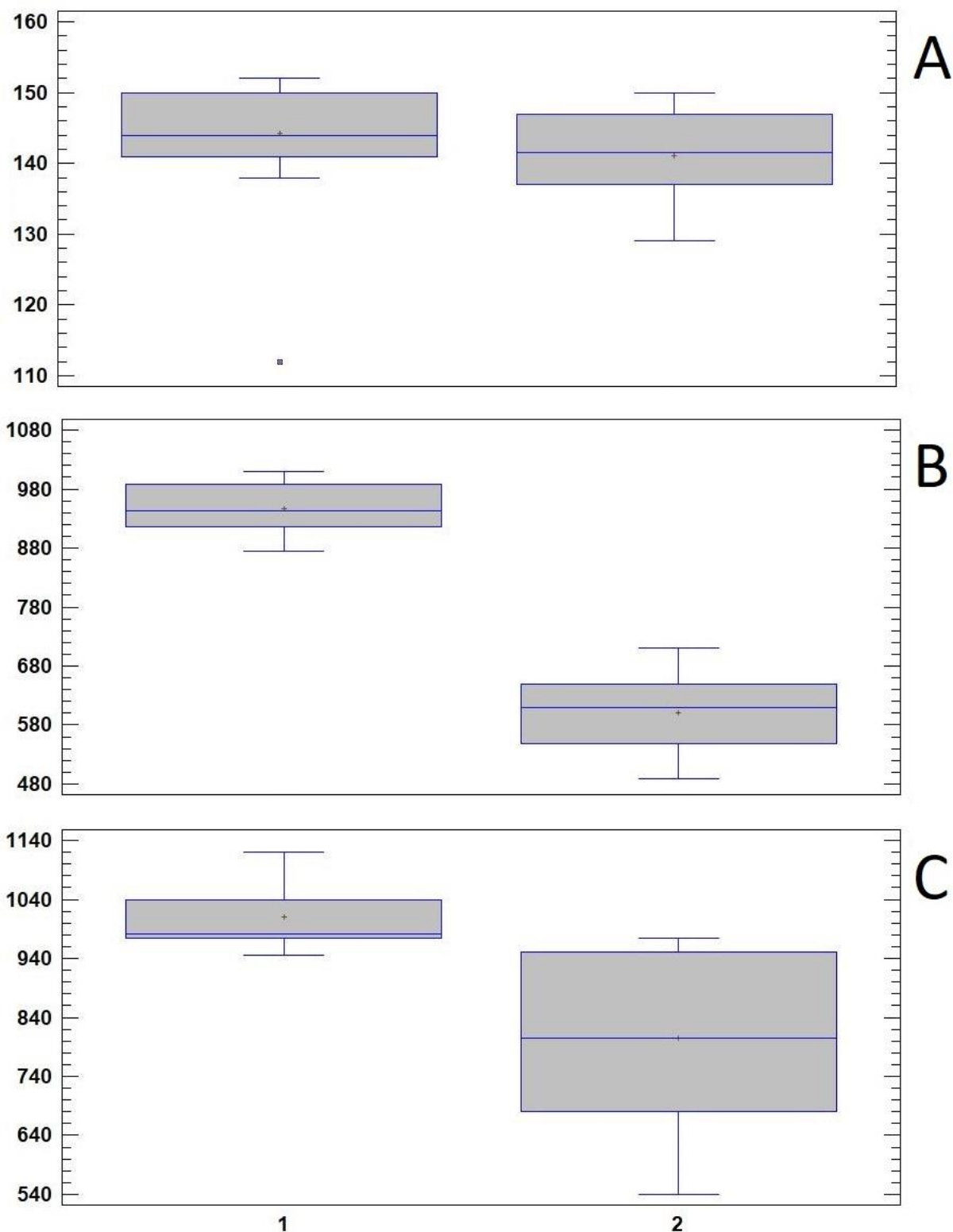
Izvor variranja	Suma kvadrata	Stepen slobode	Srednji kvadrat	F	P
Faktori					
A: Zemljište	153809,	1	153809,	12,89	0,0009
B: Visina jedinki	172724,	20	8636,22	0,72	0,7778
Greška:	453475,00	38	11933,5		
Ukupno:	1,26027	59			



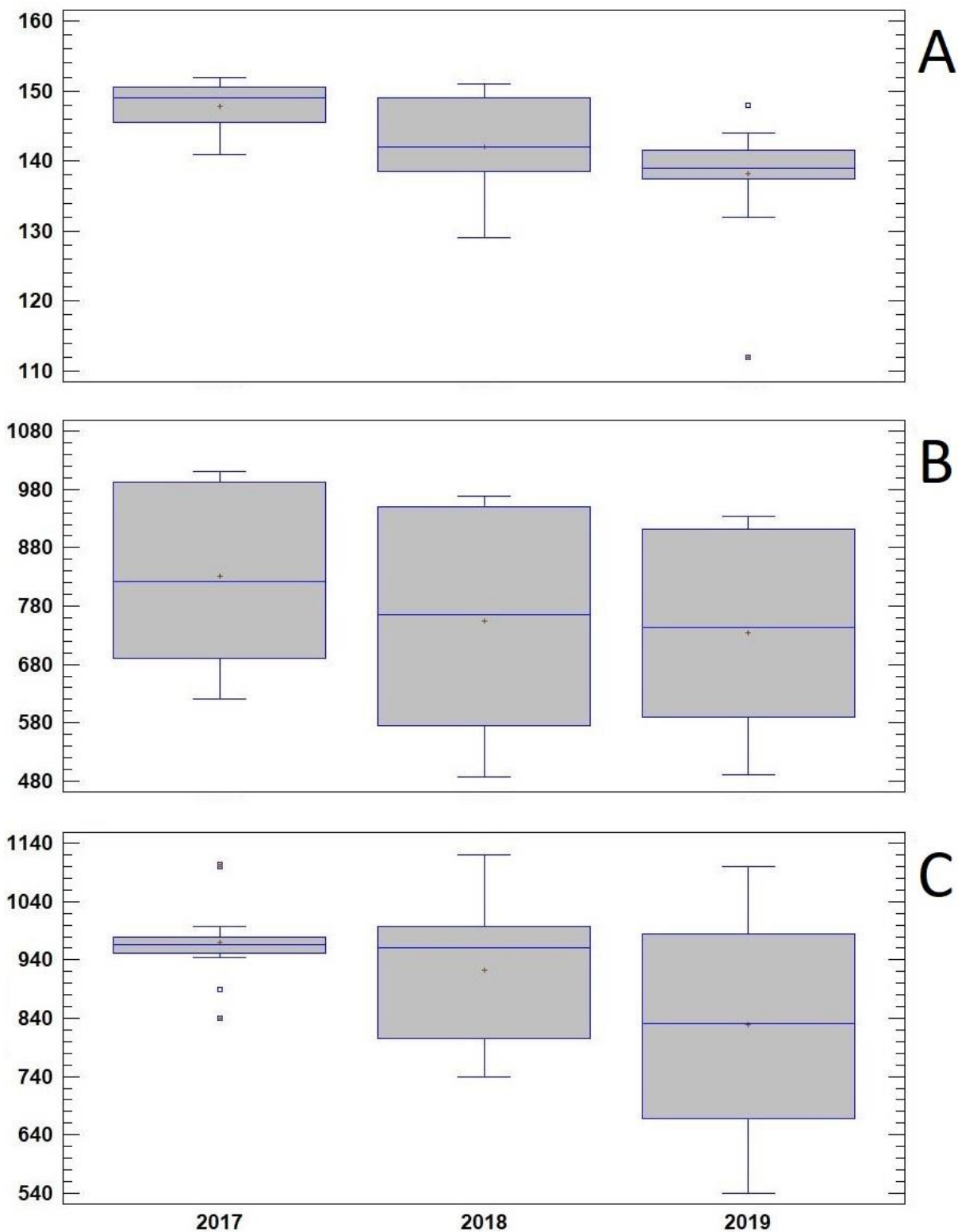
Slika 7. Pravougaoni dijagrami osnovnih statističkih parametara za (A) visinu jedinki (cm), (B) prinos (kg ha^{-1}) i (C) biomasu (kg ha^{-1}) heljde na (1) plodnom i (2) degradiranom zemljištu. Legenda: krstić u sredini pravouganika – srednja vrednost, vodoravna linija u sredini pravougaonika – medijana, pravougaonik – srednja vrednost sa standardnom devijacijom, donja i gornja uspravna linija – raspon izmerenih vrednosti



Slika 8. Pravougaoni dijagrami osnovnih statističkih parametara za A) visinu jedinki (cm), (B) prinos (kg ha^{-1}) i (C) biomasu (kg ha^{-1}) heljde po istraživačkim godinama. Legenda: krstić u sredini pravouganka – srednja vrednost, vodoravna linija u sredini pravouganka – medijana, pravougaonik – srednja vrednost sa standardnom devijacijom, donja i gornja uspravna linija – raspon izmerenih vrednosti



Slika 9. Pravougaoni dijagrami osnovnih statističkih parametara za (A) visinu jedinki (cm), (B) prinos (kg ha⁻¹) i (C) biomasu (kg ha⁻¹) kvinoje na (1) plodnom i (2) degradiranom zemljištu. Legenda: krstić u sredini pravouganika – srednja vrednost, vodoravna linija u sredini pravougaonika – medijana, pravougaonik – srednja vrednost sa standardnom devijacijom, donja i gornja uspravna linija – raspon izmerenih vrednosti



Slika 10. Pravougaoni dijagrami osnovnih statističkih parametara za A) visinu jedinki (cm), B) prinos (kg ha^{-1}) i C) biomasu (kg ha^{-1}) kvinoje po istraživačkim godinama. Legenda: krstić u sredini pravouganika – srednja vrednost, vodoravna linija u sredini pravouganika – medijana, pravougaonik – srednja vrednost sa standardnom devijacijom, donja i gornja uspravna linija – raspon izmerenih vrednosti

4.4. Komparativna analiza produktivnih osobina kvinoje i heljde i literaturnih podataka konvencionalnih useva

Na osnovu literaturnih podataka o prinosu i biomasi kvinoje i heljde i konvencionalnih useva, izvedena je komparativna analiza njihovih produktivnih osobina i rezultati su prikazani u tabeli 25. Iz priloženih podataka se može videti da su prinos i biomasa dveju proučavanih alternativnih useva manji od prinosa i biomase konvencionalnih kultura, premda količinu biomase koja se može dobiti iz navedenih useva je moguće samo delimično uporediti, budući da za biomasu većine konvencionalnih useva nema dostupnih podataka u literaturi.

Iako se po pravilu odlikuje manjim prinosom, seme kvinoje i heljde je sličnog hemijskog sastava kao seme prosolikih i pravih žitarica, pri čemu zrno kvinoje ima veće procentualno učešće proteina, mineralnih soli i biljnih vlakana, a zrno heljde ima veće procentualno učešće proteina i biljnih vlakana, dok manje učešće ugljenih hidrata – što se vidi prema podacima prikazanim u tabeli 26.

Tabela 25. Uporedni prikaz prinosa i biomase kvinoje i heljde i pojedinih pravih žitarica (u kg ha⁻¹)*

Biljna vrsta	Prinos	Biomasa	Izvor
Kvinoja	690–1509	717,90–982,90	Alvar-Beltrán et al., 2021; Glamočlija et al., 2010a; Dražić et al., 2013b
Heljda	1180–2263	8312,70	Glamočlija et al., 2012; Popović et al., 2014; Vecchia et al., 2020
Pšenica	2620–8230	---	Đurić et al., 2018; Rumbočić, 2022
Kukuruz	4110–6113	---	Janošević, 2021; Cvijanović et al., 2018
Ječam, golozrni	2950,24	---	Roljević Nikolić, 2020
Ovas	1593–3660	19556–22718	Khan et al., 2022; Parašilovac et al., 2022
Riža	4050–4750	---	Buamona et al., 2022
Raž	2790–3010	23930	Popović et al., 2022; Ikanović et al., 2022
Pšenoraž, ozima	8410	---	Đurić et al., 2021

*- Rasponi prosečnih vrednosti iz literaturnih izvora.

Tabela 26. Usporedni prikaz hemijskog sastava zrna kvinoje i heljde i pojedinih pravih i prosolikih žitarica (u procentima suve materije)

Biljna vrsta	Ugljeni hidrati	Ukupni proteini	Ulja	Mineralne soli	Celuloza	Voda
Kvinoja	57,7	15,8	5,0	3,4	4,1	12,6
Heljda, oljuštena	43,5	18,5	4,9	1,2	18,2	10,7
Meka pšenica	69,0	11,9	1,6	1,8	2,7	10,9
Stočni ječam	67,8	14,2	2,1	2,5	2,0	12,5
Raž	69,3	11,8	1,2	1,5	2,6	13,5
Ovas, oljušteni	57,6	11,1	4,6	2,9	0,3	13,5
Kukuruz, zuban	68,9	8,7	5,9	1,2	1,7	13,5
Proso, oljušteno	68,6	11,9	4,0	2,0	2,0	11,5
Riža, oljuštena	80,4	11,0	0,4	0,5	0,4	11,0

Izvor: Aluko i Monu (2003).

4.5. Analiza mogućnosti održive proizvodnje visokovredne hrane na degradiranom zemljištu

Zbog bioloških razlika koje postoje između istraživanih ratarskih vrsta, morfološko-produktivne osobine kvinoje i heljde nije smisleno međusobno porediti, ali su navedene osobine istovremeno analizirane za obe vrste, primenom statističkih testova, kako bi se uočile razlike koje postoje u osobinama ovih dveju vrsta pri gajenju u različitim pedološkim uslovima i da bi se komparativnom analizom ustanovilo koja od ovih dveju kultura je produktivnija na zemljištu slabog kvaliteta. Na osnovu oglednih podataka o trima proučavanim morfološko-produktivnim osobinama, određenih za jednu sortu heljde i jednu sortu kvinoje čiji su usevi proizvedeni tokom tri uzastopne godine na različitim lokalitetima u Vojvodini, dat je pregled rezultata o uspešnosti gajenja ovih vrsta alternativnih žita na plodnom i umereno degradiranom zemljištu (tabela 27; slika 11)

Tabela 27. Dekriptivna statistika (N – broj merenja, MIN – minimalna vrednost, MAX – maksimalna vrednost, \bar{X} – srednja vrednost, SD – standardna devijacija, CV – koeficijent varijacije), ANOVA (F -količnik, p vrednost) i faktorske vrednosti u analizi osnovnih komponenti ($PC1$, $PC2$) za visinu, biomasu i prinos heljde i kvinoje u

Vojvodini

	Heljda							Kvinoja					PCA		ANOVA		
	N	\bar{X}	MIN	MAX	SD	CV	N	\bar{X}	MIN	MAX	SD	CV	$PC1$	$PC2$	F	p	
Svojevred.													1,56	1,18			
Procent. vred.													52,00	39,20			
Visina jedinki	pl. zem.	30	135,89 b	120,70	143,00	5,18	3,81	30	144,30 a	112,00	152,00	7,76	5,96	-0,81	0,49	115,17	0,0000
	deg. zem.	30	115,48 c	100,70	129,20	7,22	6,25	30	141,07 a	129,00	150,00	5,37	4,22				
Biomasa	pl. zem.	30	5704,20 a	5420,00	5885,00	134,21	2,35	30	1010,0 c	945,00	1120,00	55,47	5,49	0,92	0,20	4613,48	0,0000
	deg. zem.	30	4801,70 b	4185,00	5570,00	357,56	7,45	30	804,40 d	540,00	974,00	136,07	16,92				
Prinos	pl. zem.	30	912,97 b	830,00	980,00	46,14	5,05	30	946,63 a	875,00	1010,00	39,00	4,12	0,22	0,95	231,93	0,0000
	deg. zem.	30	769,50 c	626,00	880,00	66,72	8,67	30	600,27 d	488,00	710,00	69,36	11,56				

Napomena: Srednje vrednosti sa različitim slovnim oznakama u okviru jedne morfološko-produktivne osobine su međusobno statistički značajno različite u nivou poverenja 95%. Masnim brojkama su označene promenljive sa faktorskim vrednostima $>0,70$ u analizi osnovnih komponenti (PCA), kao i sa $p < 0,05$ u analizi varijanse (ANOVA)

Tabela 28. Uporedni prikaz vrednosti za morfološko-produktivne osobine kvinoje i heljde na osnovu rezultata na oglednim poljima u Vojvodini i literaturnih podataka

Vrsta	Osobina	Dobijena srednja vrednost		Literaturni raspon srednjih vrednosti	Izvor
		N. Pazova	Ilandža		
Heljda	Visina jedinki (cm)	135,89	115,48	103,40	Đurić et al., 2018
	Prinos ($kg\ ha^{-1}$)	912,97	769,50	913,00–2263,00	Popović et al., 2014
	Biomasa ($kg\ ha^{-1}$)	5704,20	4801,70	8312,70	Vecchia et al., 2020
Kvinoja	Visina jedinki (cm)	144,30	141,07	144,00–146,00	Dražić et al., 2013b
	Prinos ($kg\ ha^{-1}$)	946,63	600,27	382,00–1509,00	Dražić et al., 2013a; Dražić et al., 2013b
	Biomasa ($kg\ ha^{-1}$)	1010,00	804,40	717,90–982,90	Alvar-Beltrán et al., 2021

Na nivou ovih useva, najmanja vrednost visine jedinki zabeležena za heljdu odgajenu na plodnom zemljištu bila je 120,70 cm, dok na umereno degradiranom zemljištu ona je iznosila 100,70 cm. Najveća vrednost visine jedinki heljde odgajene na plodnom zemljištu bila je 143,00 cm; na degradiranom zemljištu ona je bila manja od najmanje vrednosti zabeležene na plodnom zemljištu i iznosila je 129,20 cm. Srednja vrednost visine biljaka heljde odgajene na plodnom zemljištu iznosi 135,89 cm, dok na degradiranom – 115,48 cm. S druge strane, vrednosti visine jedinki kvinoje koje su odgajene na plodnom i degradiranom zemljištu su među sobom slične. Najmanja izmerena visina kvinoje na plodnom zemljištu bila je 112,00 cm, a na degradiranom je i unekoliko veća (129,00 cm). Takođe, najveće izmerene vrednosti visine kvinoje na plodnom i degradiranom zemljištu su se samo neznatno međusobno razlikovale (152,00 i 150,00 cm, tim redom), što se odnosi i na srednje vrednosti ove morfološke odlike određene na jedinkama koje su odgajene na plodnom i degradiranom zemljištu (144,30 i 141,07 cm, tim redom). Kada je reč o dobijenoj biomasi, odnos ovih dveju ratarskih vrsta bio je obrnut od primera visine jedinki. Najmanji iznos biomase heljde na plodnom zemljištu bio je 5420,00 kg ha⁻¹, a na degradiranom – 4185,00 kg ha⁻¹. Najveći iznos biomase ove vrste na plodnom zemljištu bio je 5885,00 kg ha⁻¹, na degradiranom – 5570,00 kg ha⁻¹. Srednje vrednosti ove produktivne osobine heljde odgajene na plodnom i degradiranom zemljištu iznose 5704,20 i 4801,70 kg ha⁻¹, tim redom. S druge strane, najmanji iznos biomase kvinoje dobijen na plodnom zemljištu bio je 945,00 kg ha⁻¹, a na degradiranom – 540,00 kg ha⁻¹. Najveći iznos biomase ove vrste na plodnom zemljištu bio je 1120,00 kg ha⁻¹, a na degradiranom – 974,00 kg ha⁻¹. Srednje vrednosti ove produktivne osobine kvinoje na plodnom i degradiranom zemljištu redom iznose 1010,00 i 804,40 kg ha⁻¹. Kao na primeru biomase, prinosi heljde na plodnom i umereno degradiranom zemljištu su među sobom bliži nego prinosi dobijeni od kvinoje. Najmanja produkcija prinosa heljde na plodnom zemljištu bila je 830,00 kg ha⁻¹, a na degradiranom – 626,00 kg ha⁻¹. Najveća produkcija prinosa heljde na

plodnom zemljištu bila je 980,00 kg ha⁻¹, dok na degradiranom 880,00 kg ha⁻¹. Srednje vrednosti ove produktivne osobine heljde na plodnom i degradiranom zemljištu redom iznose 912,97 i 769,50 kg ha⁻¹. S druge strane, najmanji prinos kvinoje dobijen na plodnom zemljištu bio je 875,00 kg ha⁻¹, dok na degradiranom – 488,00 kg ha⁻¹. Najveći prinos kvinoje na plodnom zemljištu bio je 1010,00 kg ha⁻¹, a na degradiranom – 710,00 kg ha⁻¹. Srednje vrednosti prinosa kvinoje na plodnom i degradiranom zemljištu su 946,63 i 600,27 kg ha⁻¹, tim redom (tabela 27).

Dobijene vrednosti morfološko-produktivnih osobina ovih dveju ratarskih kultura su upoređene sa odgovarajućim literaturnim podacima (tabela 28). Prema poređenjima – prosečna visina heljde, na plodnom i na umereno degradiranom zemljištu, bila je veća od one navedene u literaturi (103,40 cm) (Đurić et al., 2018). Prosečni prinos biomase određen na usevu heljde, na plodnom i na umereno degradiranom zemljištu, bio je manji od prosečne vrednosti navedene u literaturi za datu osobinu ove vrste (8312,70 kg ha⁻¹) (Vecchia et al., 2020). Prosečni prinos zrna heljde na plodnom zemljištu je bio skoro približan prosečnom prinosu heljde u svetu (913,00 kg ha⁻¹) (Popović et al., 2014), ali je bio manji od prinosa heljde koji različiti autori navode za Srbiju (1180,00–2263,00 kg ha⁻¹) (Glamočlija et al., 2012; Popović et al., 2014). Prosečan prinos ove vrste na degradiranom zemljištu je bio oko 16% niži nego na plodnom zemljištu i približno je odgovarao onome koji su Glamočlija i saradnici (2010b) zabeležili u zapadnoj Srbiji (800 kg ha⁻¹). S druge strane, prosečna visina kvinoje na plodnom zemljištu je bila približna onoj navedenoj u literaturi (144 cm), ali je bila nešto niža od one koja se navodi za ispitivanu sortu kvinoje (146,00 cm) (Dražić et al., 2013b). Prosečna visina jedinki kvinoje na degradiranom zemljištu (141,07 cm) bila je unekoliko niža od one na plodnom zemljištu. Prosečna biomasa kvinoje dobijena na plodnom zemljištu je bila veća od onih vrednosti koje se u literaturi navode za datu osobinu ove vrste, dok se količina biomase dobijena na

degradiranom zemljištu uklapa u literaturni raspon vrednosti (717,90–982,90 kg ha⁻¹) (Alvar-Beltrán et al., 2021). Prosečni prinos zrna kvinoje na plodnom zemljištu se uklapa u raspon vrednosti koji se u literaturi navodi za Srbiju (690,00–1509,00 kg ha⁻¹) (Glamočlija et al., 2010a; Dražić et al., 2013b). Prosečni prinos zrna kvinoje na degradiranom zemljištu je bio skoro 37% niži nego onaj na plodnom zemljištu, ali je ovaj prinos ipak bio veći od onog koji su Dražić i saradnici (2013a) zabeležili u 2012. godini (382,00 kg ha⁻¹), veoma sušnoj godini u Srbiji.

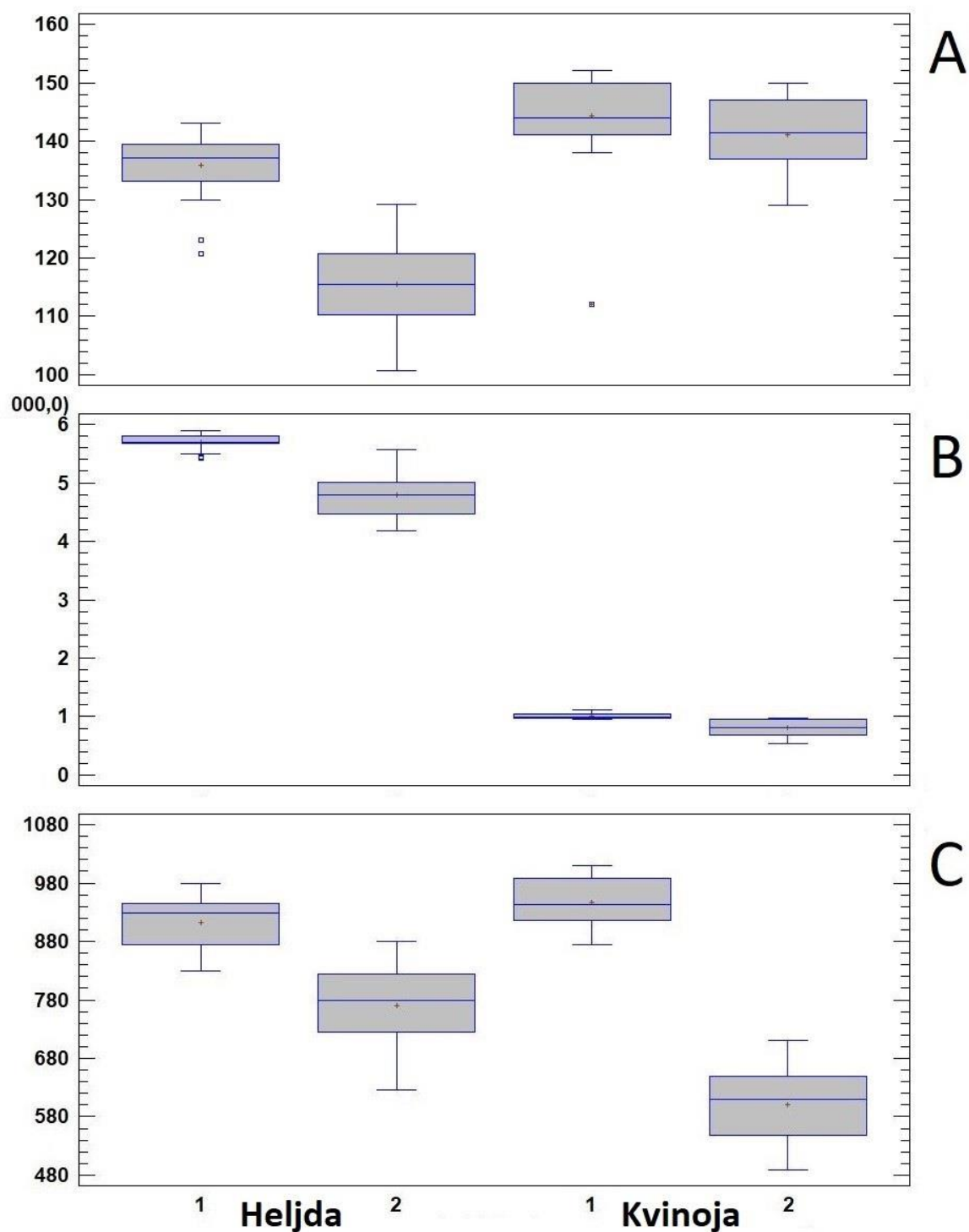
Prema vrednostima koeficijenta varijacije (CV%), proučavane morfološko-produktivne osobine obeju istraživanih vrsta pseudožita pokazale su nizak stepen varijabilnosti (<10%) na plodnom zemljištu. Isto se odnosi na sve morfološko-produktivne osobine heljde, kao i na visinu jedinki kvinoje, na degradiranom zemljištu, dok su biomasa i dobijen prinos kvinoje na degradiranom zemljištu pokazale viši stepen varijabilnosti (CV=10–20%) (tabela 27). Ovaj rezultat potvrđuje podatke u literaturi, prema kojima se koeficijent varijacije za visinu jedinki kvinoje kretao od 3,00% do 7,65%, dok prinos zrna ima veće (10,70–14,55%) (Dražić et al., 2013b) ili znatno veće vrednosti ovoga koeficijenta (23,80–36,60%) (Dražić et al., 2013a).

Analiza varijanse (ANOVA) pokazala je značajne statističke razlike ($p = 0,00$) između srednjih vrednosti svih morfološko-produktivnih osobina ispitivanih vrsta, pri čemu je najveći doprinos diferencijaciji vrsta imala količina biomase ($F = 4.613,48$), a najmanji – visina jedinki ($F = 115,17$) (tabela 27).

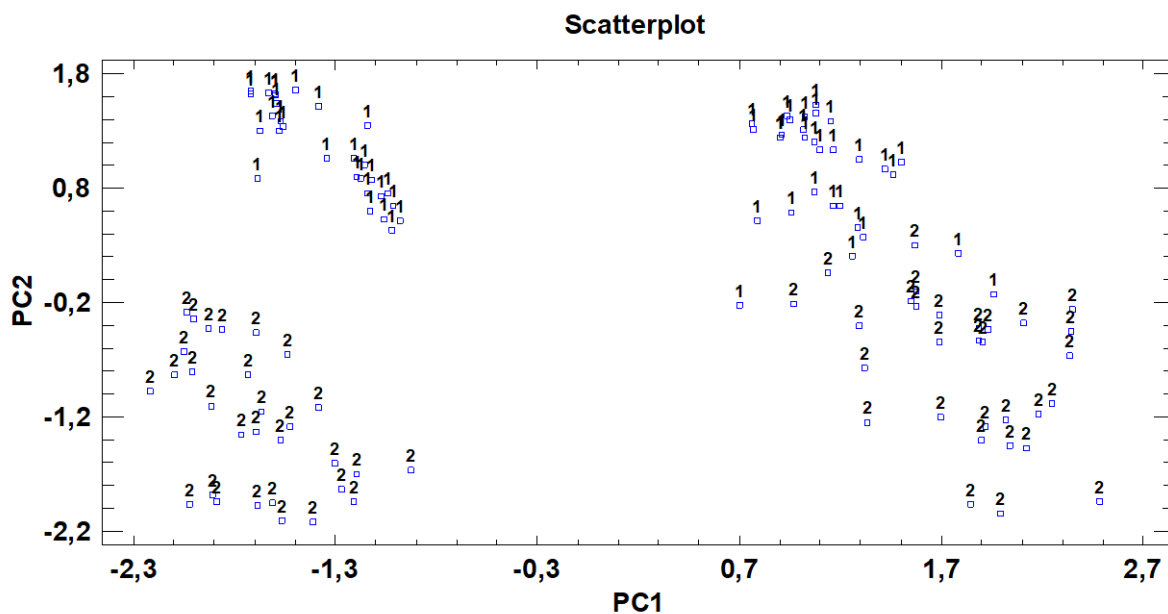
U analizi osnovnih komponenti (PCA), prve dve izdvojene komponente (sa svojstvenim vrednostima >1) bile su dovoljne da objasne čak 91,20% ukupne varijabilnosti dobijene za obe istraživane vrste. Na grafikonu distribucije tačaka (slika 12), veći deo ove varijabilnosti opisuje prva osa (PC1=52,00%), dok 39,20% varijabilnosti opisuje druga osa (PC2). Dve morfološko-produktivne osobine (visina jedinki i količina biomase), sa faktorskim vrednostima većim od

0,70, imale su uticaja na prvu osu, dok je druga osa bila pod uticajem dobijenog prinosa (tabela 27). Kao znatno manje izražena od varijabilnosti oblika (druga osa), varijabilnost veličine (prva osa) rezultirala je razdvajanjem vrsta duž prve ose. Kao što se jasno vidi na slici 12, obrazovale su se dve grupe tačaka prema tome kojoj od dveju proučavanih ratarskih vrsta one pripadaju. Tačke koje pripadaju vrsti kvinoja obrazovale su grupu u negativnom delu prve ose, za razliku od tačaka heljde koje su se grupisale u pozitivnom delu iste ose. U okviru ovih dveju grupa, uočava se jasna diferencijacija tačaka vrste kvinoja duž druge ose – u zavisnosti od toga na kakvom zemljištu su jedinke ove vrste odgajene (1 – plodno zemljište, 2 – umereno degradirano zemljište). Tako, tačke koje se odnose na jedinke gajene na plodnom zemljištu grupisale su se u pozitivnom delu druge ose, a one koje se odnose na jedinke gajene na umereno degradiranom zemljištu – obrazovale su grupu u negativnom delu iste ose. S druge strane, kod tačaka koje se odnose na jedinke heljde uočava se preklapanje dveju grupa, te postoji samo trend odvajanja tačaka koje se odnose na jedinke odgajene na plodnom zemljištu i one odgajene na umereno degradiranom zemljištu.

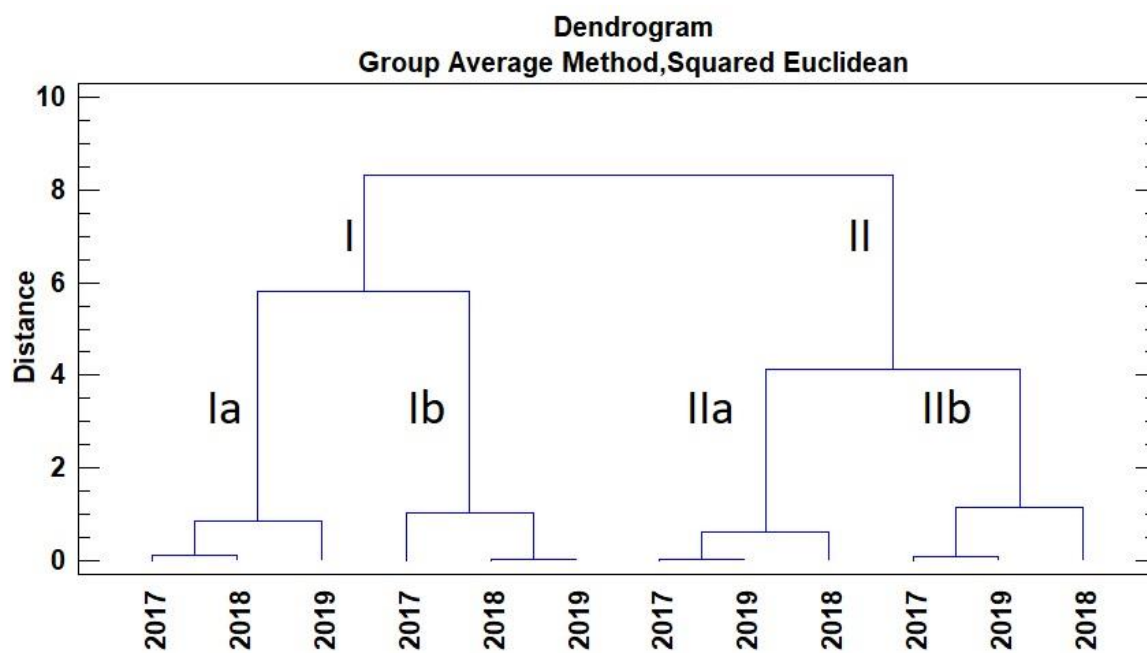
Slično rezultatima u PCA, u klaster analizi (CA) istraživane ratarske vrste su razdvojene u dva glavna klastera, što se vidi na slici 13. U okviru oba ova klastera, izdvajaju se po dve grupe (potklastera) u zavisnosti od toga na kakvom zemljištu su usevi ovih dveju vrsta proizvedeni, što ukazuje na postojanje značajnih morfološko-produktivnih razlika među ovim alternativnim ratarskim vrstama u odnosu na pedološke uslove. Prvu grupu predstavljaju jedinke kvinoje koje su tokom tri godine odgajene na plodnom zemljištu (Ia), dok drugu grupu čine jedinke ove vrste gajene na umereno degradiranom zemljištu (Ib). Treću grupu predstavljaju jedinke heljde koje su odgajene na plodnom zemljištu (IIa), dok četvrtu grupu čine jedinke ove vrste odgajene na umereno degradiranom zemljištu (IIb). Pritom, može se uočiti da se prve dve grupe vezuju na nešto većoj distanci u ukupnom klasteru nego što je to slučaj s preostale dve grupe.



Slika 11. Pravougaoni dijagrami osnovnih statističkih parametara za visinu jedinki (A), biomasu (B) i prinos (C) heljde i kvinoje na plodnom (1) i degradiranom zemljištu (2). Legenda: krstić u sredini pravouganka – srednja vrednost, vodoravna linija u sredini pravouganka – medijana, pravougaonik – srednja vrednost sa standardnom devijacijom, donja i gornja uspravna linija – raspon izmerenih vrednosti



Slika 12. Dvodimenzionalni prikazi distribucije tačaka u analizi osnovnih komponenti (PCA) za dve vrste alternativnih žita (grupa levo – kvinoja, grupa desno – heljda) zasnovani na visini jedinki, proizvedenoj biomasi i prinosu na plodnom (1) i degradiranom zemljištu (2)



Slika 13. Dendrogram koji prikazuje odnose između dve vrste alternativnih žita (I – kvinoja, II – heljda), na osnovu njihove visine, proizvedene biomase i prinosa tokom tri uzastopne godine (2017–2019) na plodnom (a) i degradiranom zemljištu (b)

Predstavljeni rezultati ukazuju na to da su usevi heljde bili morfološko-produktivno homogeniji na plodnom i umereno degradiranom zemljištu u poređenju sa usevima kvinoje u različitim pedološkom uslovima.

5. DISKUSIJA

U doktorskoj disertaciji su analizirani rezultati istraživanja sprovedenih na oglednim poljima, kao i onih predstavljenih u literaturi, i to na temu mogućnosti održive proizvodnje biološki visokovredne hrane na zemljištu smanjenog kvaliteta. Cilj istraživanja je bio da se ustanovi mogućnost uspostavljanja održive proizvodnje vrsta heljde i kvinoje, na plodnom i delimično degradiranom zemljištu, van njihovih dosadašnjih areala. Formulirano je nekoliko hipoteza koje odgovaraju cilju ovog rada. Podaci koji su rezultat istraživanja u ovoj doktorskoj disertaciji dobijeni su analizom varijabilnosti triju morfološko-produktivnih osobina heljde i kvinoje na različitim lokalitetima u AP Vojvodini, analizom uticaja agroekoloških činilaca na održivu proizvodnju ovih vrsta, analizom njihove komparativne produktivnosti u različitim agroekološkim uslovima, kao i mogućnosti da se degradirano zemljište iskoristi za održivu proizvodnju visokovredne hrane bez njegove prethodne agromelioracije. Za eksperimentalna istraživanja su odabrana dva lokaliteta na području Vojvodine, kako bi rezultati bili primenljivi za komparaciju i moguće regionalno uopštavanje.

Sadašnji reljef Vojvodine je posledica rasedanja, nabiranja i povremenog nanošenja lesa, kao i procesa erozije delovanjem padavina i reka (Tomić et al., 2002). U reljefu Vojvodine izdvajaju se naredne geomorfološke celine: niskoplaninske forme (Vršačke planine i Fruška gora), peščane zaravni (Deliblatska i Subotičko-horgoška peščara), lesne zaravni (platoi), aluvijalne terase, fluvijalne terase i aluvijalne ravni. U smeru juga, kao i oko Vršačkih planina i Fruške gore, granica Panonske nizije se karakteriše kao prirodna granica o kojoj su brojni eksperti naveli razne činjenice i pretpostavke. Jedna grupa istraživača južnom granicom smatra tokove Dunava i Save (Marović et al., 2007; Sümegi et al., 2011), a druga grupa istraživača drži da se granica ove nizije nalazi južnije od Dunava i Save (Rodić i Pavlović, 1994). Prema

navodima Hadžića i saradnika (2005), Vojvodina je bogata pedološkim diverzitetom, koji je rezultat sadejstva različitih pedogenetskih činilaca i različite jačine njihovog dejstva. Na rečnim terasama i aluvijalnim nanosima, obrazuju se semiglejna zemljišta, fluvisoli, ritske crnice, halomorfna i močvarnoglejna zemljišta; na lesnim terasama – slatine i černozemno oglejena zemljišta; na lesnim platoima – černozezi; na eolskom pesku – arenosoli, černozezi i rendzine; a na Vršačkim planinama i Fruškoj gori obrazuju se rankeri, rendzine, eutrična i distrična zemljišta, koluvijalna i lesifikovana zemljišta. Najrašireniji tipovi zemljišta su černozem, livadska i ritska crnica, na kojima se odvija gotovo celokupan uzgoj kulturnih biljaka (44%, 17% i 16%, tim redom). Poljoprivredne površine zauzimaju preko 65% teritorije Srbije, pri čemu se zemljišta koja su najpogodnija za ratarsku proizvodnju nalaze u Vojvodini (Đurić et al., 2018). Po svim svojim proizvodnim karakteristikama, ona uglavnom pripadaju najboljim zemljištima Evrope, pa i sveta (Pekeč et al., 2016). Les pokriva oko 60% površine (Marković et al., 2008) i čini osnov za obrazovanje černozeza, najproduktivnijeg zemljišta (Smalley et al., 2006). Černozem spada u humusno-akumulativna zemljišta, profila A-C. To je zemljište zonalnog tipa, razvijeno pod uticajem kontinentalne i stepske klime, gde se u toku jeseni i zime nagomilava humus, tako da je černozem vrlo pogodno tle za gajenje različitih ratarskih kultura (Rodić i Pavlović, 1994). Ova zemljišta su velikog kapaciteta plodnosti i predstavljaju osnov potencijala za poljoprivrednu proizvodnju. Iz tog razloga je korišćenje pomenutih prirodnih resursa vrlo intenzivno, što resurse nežive prirode čini vrlo osetljivim, neretko i ireverzibilno degradiranim i eksploatisanim. Ugroženost ovih pedosistematskih jedinica je u Vojvodini najčešće u dodiru sa slatinama i očitava se opterećenošću štetnim mobilnim solima u manjem ili većem stepenu (Ivanišević et al., 2011). Degradacija zemljišta negativno utiče na poljoprivrednu proizvodnju, životnu sredinu i sigurnost u snabdevanju stanovništva hranom (Eswaran et al., 2001).

Da bi degradirana zemljišta postala pogodna za proizvodnju konvencionalnih ratarskih kultura potrebno je izvođenje niza zahvata za poboljšanje njihovih fizičkih, hemijskih i bioloških svojstava – što je dugotrajan, zahtevan i skup postupak. S druge strane, heljda i kvinoja su biljke poreklom iz oblasti sa manje povoljnim klimatskim i zemljišnim uslovima od onih koji obično vladaju u našoj zemlji, tako da kulture ovih biljaka ostvaruju viši prinos i hranljivu vrednost zrna na domaćim poljoprivrednim površinama nego u oblastima porekla. Premda su prinos zrna i biomasa dvaju proučavanih alternativnih useva manji nego kod konvencionalnih kultura, njihovo zrno je sličnog hemijskog sastava kao seme prosolikih i pravih žitarica i pri tome sadrži veće procentalno učešće proteina, mineralnih soli i biljnih vlakana. Sem toga, u Srbiji se alternativne ratarske kulture još nedovoljno gaje da bi podmirile rastuću potražnju za njihovim proizvodima (Đurić et al., 2018). Zbog toga, pretpostavlja se da primena alternativnih ratarskih kultura, poput heljde i kvinoje, otpornih na različite agroekološke uslove, predstavlja potencijal za proizvodnju visokovredne hrane na zemljištima koja su smanjenog kvaliteta. Na taj način, ostvarila bi se održiva poljoprivredna proizvodnja koja podrazumeva eko-efikasnu proizvodnju visokovredne i kvalitetne hrane, uz minimalno korišćenje zemljišta i minimalno ulaganje sredstava (EASAC, 2011).

Klimatski činilac je jedan od ključnih za uspešno sprovođenje poljoprivrednih poljskih ogleda i sagledava se praćenjem količine padavina i prosečnih temperatura vazduha. Budući da je na poljskom ogledu, osnovanom za potrebe istraživanja predstavljenih u ovoj disertaciji, toplotni režim bio ujednačen na oba lokaliteta kao i tokom trajanja ogleda, a dospele padavine se nisu značajno razlikovale, bilo je moguće izdvojiti dejstvo pedološke podloge kao faktora na prinos proučavanih alternativnih ratarskih kultura. Naime, tokom poslednjih nekoliko decenija, zemljište u Ilandži bilo je izloženo prekomernom đubrenju i navodnjavanju, što je dovelo do zasoljavanja oraničnog sloja i preraspodele sitnih agregata i čestica, čime su

pogoršane i vodne karakteristike ovog zemljišta. Iz tog razloga je na ovom lokalitetu postavljen ogled za ispitivanje mogućnosti održive proizvodnje kvinoje i heljde na degradiranom zemljištu, dok su radi poređenja rezultata proučavane vrste uporedo gajene i na oglednom polju u Novoj Pazovi, na zemljištu koje se prema agrohemijским analizama očitava kao očuvano, plodno zemljište.

Rezultati statističke analize o uticaju agrohemijских činilaca na tri morfološko-produktivne osobine kvinoje i heljde i njihove varijabilnosti pokazuju da prinos i količina dobijene biomase kvinoje i heljde zavise od plodnosti zemljišta, u smislu da se usevi ovih dveju alternativnih ratarskih kultura koji su proizvedeni na plodnom zemljištu odlikuju većim prinosom i biomasom od onih proizvedenih na delimično degradiranom zemljištu, što se odnosi i na visinu jedinki heljde, dok visina jedinki kvinoje ne zavisi od pedoloških uslova. Kada je reč o uticaju ekoloških uslova na morfološko-produktivne osobine proučavanih vrsta, ustanovljeno je da visina jedinki i količina dobijene biomase heljde i kvinoje zavise od uslova koji su vladali u određenoj vegetacijskoj sezoni, što se odnosi i na prinos heljde, dok u slučaju kvinoje nisu konstatovane statistički značajne razlike između srednjih vrednosti prinosa po istraživačkim godinama.

Dvofaktorskom analizom varijanse istovremeno je testiran uticaj plodnosti zemljišta i uslova u istraživačkoj godini, ili pak visine jedinki, na prinos ili biomasu heljde i kvinoje, kao i mogućnost postojanja interakcije između proučavanih faktora, čime su dobijeni rezultati da postoji statistički signifikantan uticaj plodnosti zemljišta i istraživačke godine na prinos i biomasu heljde i kvinoje, kao i interakcija ovih dvaju faktora u slučaju uticaja na biomasu heljde i obe produktivne osobine kvinoje, zatim postoji statistički signifikantan uticaj plodnosti zemljišta i visine jedinki na prinos kvinoje i isključivi uticaj plodnosti zemljišta na biomasu

heljde i kvinoje, dok ne postoji statistički signifikantan uticaj plodnosti zemljišta i visine jedinki na prinos heljde.

Statističkom analizom morfološko-produktivnih osobina dveju vrsta alternativnih žita gajenih na plodnom i umereno degradiranom zemljištu u AP Vojvodini, ustanovljeno je da su razlike dobijene poređenjem količine biomase i prinosa zrna heljde u različitim pedološkim uslovima bile značajno manje od razlika koje su zabeležene za ove osobine na primeru kvinoje. Rezultat je bio obrnut kada je reč o visini jedinki ovih dveju vrsta alternativnih žita, ali ne u značajnoj meri, budući da postoje samo male razlike između vrednosti koeficijenta varijacije.

Prema literaturi, rast jedinki heljde je najviše pod uticajem klimatskih uslova (Đurić et al., 2018; Sredojević et al., 2020), pre svega vodnog režima, dok lokacija manje utiče na prosečnu visinu stabla, premda je očekivano da ona bude nešto veća na plodnom nego na siromašnom zemljištu (Glamočlija et al., 2012). S druge strane, za kvinoju se navodi da, sem genotipa (sorte), lokacija značajno utiče na varijaciju visine jedinki (Dražić et al., 2013b). Kada je reč o prinosu zrna, vremenski uslovi imaju najveći uticaj na prinos heljde u ravničarskom području, dok zemljišni uslovi ne utiču značajno na proizvodnju heljde, iako je razumljivo da je prinos zrna nešto veći u povoljnijim zemljišnim uslovima nego na drugim lokalitetima (Đurić et al., 2018; Sredojević et al., 2020). Prinos heljde zapravo najviše zavisi od količine padavina u početnim fenofazama razvoja (Glamočlija et al., 2012). Nasuprot tome, iako se u literaturi navodi da se kvinoja može gajati u svim predelima, uz vrlo mala variranja u prinosu zrna (Đurić et al., 2018), prinosi zrna dobijeni u ogledima na različitim pedološkim podlogama ukazuju na to da prinos kvinoje zavisi od hemijskih i fizičkih osobina zemljišta (Glamočlija et al., 2010a), kao i od drugih faktora sredine (Dražić et al., 2013b), pre svega vlage i temperature (Dražić et al., 2013a), dok u manjoj meri od genotipa (Dražić et al., 2013b). Budući da su multivarijantna analiza (PCA), kao i CA, u ovom radu pokazale da su usevi heljde, u poređenju sa usevima

kvinoje, manje morfološko-produktivno diferencirani u odnosu na lokalitet (zemljište) u Vojvodini, može se konstatovati da ovakav rezultat svedoči u prilog navedenim tvrdnjama u literaturi.

Rezultati istraživanja predstavljeni u ovome radu, koji obuhvataju analizu varijabilnosti morfološko-produktivnih osobina kvinoje i heljde, kao i njihove komparativne produktivnosti u različitim pedološkim uslovima AP Vojvodine, a s ciljem utvrđivanja mogućnosti i održivosti proizvodnje ovih ratarskih kultura van njihovog prirodnog areala, navode na zaključak da je uspešna i održiva proizvodnja kvinoje i heljde kao visokovredne hrane moguća i u oblastima van njihovog primarnog areala i da može biti održiva u uslovima trenutno vladajućih klimatskih činilaca. Takođe, potvrđena je pretpostavka da se umereno degradirano zemljište može koristiti za uspešnu održivu proizvodnju visokovredne hrane, uz mala variranja u prinosu zrna, pri čemu prednost treba dati heljdi, jer se njena proizvodnja na takvom zemljištu pokazala uspešnijom od proizvodnje kvinoje. Ovaj nalaz je u saglasnosti s tvrdnjama u literaturi, prema kojima heljda nije izbirljiva u pogledu zemljišta, stoga se uspešno može gajiti i na siromašnijim podlogama (Glamočlija et al., 2015), na kojima je moguće realizovati stabilne i visoke prinose zrna (Glamočlija et al., 2012). I pored toga što su u ogledima u Srbiji bile konstatovane značajne varijacije u vrednostima proučavanih parametara prinosa, prinos zrna heljde je u celini bio zadovoljavajući, zbog čega se smatra da ova vrsta odlično uspeva u agroekološkim uslovima Srbije (Đurić et al., 2018).

Zrno heljde je značajna namirnica stanovnika istočne Azije, severnih i severoistočnih delova Evrope i Severne Amerike (Glamočlija et al., 2015). Ukupna površina pod heljdom je u svetu u 2014. godini iznosila oko 2.113.000 ha (Popović et al., 2014), a u 2017. godini se uvećala do 3,940,526 ha (Sredojević et al., 2020), s tendencijom rasta. Najveći proizvođači su Kina (34,25%), Rusija (32,24%) i Ukrajina (11,46%) (Popović et al., 2014). Heljda se uzgaja

zbog plodova (orašica), koji oljušteni imaju visoku nutritivnu vrednost. Prema fitohemijskom sastavu, heljda je nutritivno vrednija od prosolikih i pravih žitarica, što se očitava u njenim kvalitativnim i kvantitativnim karakteristikama proteina, vitamina, minerala, antioksidanasa i fitosterola (Golijan et al., 2017). Sadržaj aminokiselina u heljdi (162,46 g/100 g proteina) je viši nego u kvinoji (125.37 g/100 g proteina) (Glamočlija et al., 2010b). Ona se svrstava u skupinu biljaka pogodnih za proizvodnju biološki visokovredne hrane (Glamočlija et al., 2015), pa je preporučljivo dodavanje brašna od heljde konditorskim i pekarskim proizvodima od drugih vrsta žitarica ne bi li se povećala hranljiva vrednost namirnica i na taj način unapredilo zdravlje stanovništva (Golijan et al., 2017). No, proizvodnja ove ratarske vrste u Srbiji je zapostavljena, delom zbog uvreženog mišljenja da je heljda hrana siromašnih (Sredojević et al., 2020). Gaji se samo na malim površinama, uglavnom u brdsko-planinskom regionu jugozapadne Srbije (Popović et al., 2014). Gajenje ove kulture je potencijalno vrlo isplativo poljoprivrednim proizvođačima u Srbiji, posebno u režimu organske proizvodnje i u kombinaciji sa pčelarenjem, budući da heljda nije samo značajna ratarska nego i medonosna vrsta. Ona je poželjna ratarska vrsta i u pogledu održive ekološke proizvodnje hrane, imajući u vidu da njena tehnologija proizvodnje doprinosi povoljnoj fizičkoj strukturi i očuvanju zemljišta, te boljoj biološkoj ravnoteži u životnoj sredini (Sredojević et al., 2020). Od agrotehničkog je značaja, pošto suzbija korove pokrivanjem zemljišta kao kultura guste setve. Sposobna je usvojiti teže pristupačne oblike fosfora i sprečiti ispiranje fosfora u duboke slojeve podloge i podzemne vodotokove (Glamočlija et al., 2015). Prilikom proizvodnje heljde, prosečni prinos zavisi od gustine setve, pri čemu prednost treba dati srednjoj gustini setve (120 zrna/m²) (Nikolic et al., 2019) i „Novosadskoj” sorti koja je superiornija od drugih sorti heljde (Popović et al., 2014). Procenjuje se da proizvodnja heljde ima potencijala da znatno doprinese ruralnom razvoju zemlje, međutim, potrebno je u tome podržati proizvođače, jer se potencijalne koristi ne mogu očekivati kratkoročno, već tek nakon niza godina (Sredojević et al., 2020).

Saobrazno sa odabranim predmetom, postavljenim ciljem, hipotezama i odgovarajućim metodama istraživanja, smatra se da će rezultati ove doktorske disertacije značajno doprineti razvoju nauke i prakse. Osnovni ishod, koji je dobijen izvedenim ispitivanjima, jeste da su sve hipoteze potvrđene. Uspešna i održiva proizvodnja kvinoje i heljde kao biološki visokovredne hrane je moguća i u oblastima van njihovog primarnog areala; proizvodnja kvinoje i heljde u Vojvodini može biti održiva u uslovima trenutno vladajućih klimatskih činilaca i umereno degradirano zemljište se može koristiti za održivu proizvodnju visokovredne hrane i bez prethodne primene agromeliorativnih mera, pri čemu prednost treba dati proizvodnji heljde koja je na ovakvom zemljištu bila uspešnija od proizvodnje kvinoje. Zbog svega navedenog, smatra se da će rezultati istraživanja koji su predstavljeni u ovoj doktorskoj disertaciji značajno doprineti poznavanju uslova u kojima je moguće ostvariti održivu proizvodnju heljde i kvinoje u Srbiji. Sem toga, očekuje se da će analizirani rezultati usmeriti buduća istraživanja s ciljem produbljivanja ove značajne problematike, pre svega u smislu hemijske analize semena kvinoje i heljde, kao i tehnoekonomske analize njihove proizvodnje.

Praktični značaj rezultata doktorske disertacije leži u predlaganju mogućih rešenja za problem uspostavljanja održive proizvodnje visokovredne hrane, kao i zadovoljenja potrebe savremenog društva za ekološkim pristupom u snabdevanju hranom.

6. ZAKLJUČCI

Na osnovu rezultata istraživanja predstavljenih u ovoj doktorskoj disertaciji – koji su dobijeni analizom varijabilnosti triju morfološko-produktivnih osobina kvinoje i heljde na dva lokaliteta u AP Vojvodini, analizom uticaja agroekoloških činilaca na održivu proizvodnju ovih dveju vrsta, komparativnom analizom njihove produktivnosti sa konvencionalnim ratarskim kulturama, analizom njihove produktivnosti u različitim pedološkim uslovima AP Vojvodine, analizom mogućnosti i održivosti proizvodnje ovih ratarskih kultura van njihovog prirodnog areala, kao i analizom mogućnosti da se degradirano zemljište iskoristi za održivu proizvodnju visokovredne hrane bez njegove prethodne agromelioracije – mogu se izvesti sledeći zaključci:

- Toplotni režim bio je ujednačen, a dospеле padavine se nisu značajno razlikovale na oglednim poljima i tokom trajanja ogleda, stoga je bilo moguće izdvojiti dejstvo pedološke podloge kao faktora koji utiče na prinos proučavanih ratarskih kultura;
- Zemljište na oglednom polju u Novoj Pazovi je prema agrohemijskim analizama očuvano i plodno, dok je zemljište na oglednom polju u Ilandži, zbog izloženosti prekomernom đubrenju i navodnjavanju i posledičnom zasoljavanju oraničnog sloja i preraspodeli sitnih agregata i čestica, degradirano i kao takvo je poslužilo za analizu mogućnosti da se zemljište smanjenog kvaliteta koristi za održivu proizvodnju visokovredne hrane;
- Prinos i količina dobijene biomase kvinoje i heljde zavise od plodnosti zemljišta, u tom smislu da se usevi ovih dveju alternativnih ratarskih kultura proizvedeni na plodnom zemljištu odlikuju većim prinosom i biomasom od onih proizvedenih na

delimično degradiranom zemljištu, što se odnosi i na visinu jedinki heljde, dok visina jedinki kvinoje ne zavisi od pedoloških uslova;

- Visina jedinki i količina dobijene biomase heljde i kvinoje zavise od uslova koji su vladali u određenoj vegetacijskoj sezoni, što se odnosi i na prinos heljde, dok to nije slučaj sa kvinojom;
- Plodnost zemljišta i uslovi u vegetacijskoj sezoni utiču na prinos i biomasu heljde i kvinoje, i postoji statistički značajna interakcija ovih dvaju faktora na biomasu heljde i obe produktivne osobine kvinoje;
- Plodnost zemljišta i visina jedinki utiču na prinos kvinoje i sama plodnost zemljišta utiče na biomasu heljde i kvinoje, dok plodnost zemljišta i visina jedinki ne utiču na prinos heljde;
- Razlike u količini biomase i prinosa zrna heljde u različitim pedološkim uslovima su značajno manje od razlika u istim produktivnim osobinama kvinoje, dok je obrnuti slučaj kada je reč o visini jedinki kod ovih dveju vrsta;
- U skladu sa navodima u literaturi, prinos heljde najviše zavisi od količine padavina u početnim fenofazama razvoja, dok prinos kvinoje zavisi od hemijskih i fizičkih osobina zemljišta, kao i od drugih faktora sredine, pre svega vlage i temperature;
- U skladu sa navodima u literaturi, prinos zrna i biomasa proučavanih alternativnih useva su manji od prinosa i biomase konvencionalnih kultura, ali im je zrno sličnog hemijskog sastava kao seme prosolikih i pravih žitarica i sadrži veće procentalno učešće proteina, mineralnih soli i biljnih vlakana.

Navedeno navodi na konačni zaključak da su postavljene hipoteze u ovoj doktorskoj disertaciji potvrđene:

- Uspešna i održiva proizvodnja kvinoje i heljde, kao biološki visokovredne hrane, moguća je i u oblastima van njihovog primarnog areala;
- Proizvodnja kvinoje i heljde u AP Vojvodini može biti održiva u uslovima trenutno vladajućih klimatskih činilaca;
- Umereno degradirano zemljište se uspešno može koristiti za održivu proizvodnju visokovredne hrane i bez prethodne primene agromeliorativnih mera, pri čemu prednost treba dati proizvodnji heljde koja je na ovakvom zemljištu bila uspešnija od proizvodnje kvinoje. Heljda nije izbirljiva u pogledu zemljišta, pa se uspešno može gajiti i na siromašnijim podlogama, na kojima je moguće realizovati stabilne i visoke prinose zrna, zbog čega se zaključuje da ova vrsta odlično uspeva u agroekološkim uslovima Vojvodine.

Rezultati predstavljeni u ovoj doktorskoj disertaciji značajno doprinose razvoju nauke i prakse, i to pre svega u smislu poznavanja uslova u kojima je moguće ostvariti održivu proizvodnju heljde i kvinoje u Srbiji, posebno u Vojvodini. Rezultati mogu ukazati na smer daljih istraživanja, radi produbljivanja ove značajne problematike. Njihov praktični značaj leži u predlaganju mogućih rešenja za problem uspostavljanja održive proizvodnje visokovredne hrane, kao i zadovoljenja potrebe savremenog društva za ekološkim pristupom u snabdevanju hranom.

LITERATURA

1. Abderrahim, F., Huanatico, E., Segura, R., Arribas, S., Gonzalez, M. C., & Condezo-Hoyos, L. (2015). Physical features, phenolic compounds, betalains and total antioxidant capacity of coloured quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.) from Peruvian Altiplano. *Food Chemistry*, 183, pp. 83–90.
2. Aluwi, N. A., Murphy, K. M., Ganjyal, G. M. (2017). Physicochemical characterization of different varieties of quinoa. *Cereal Chem.*, 94, pp. 847–856.
3. Alvar-Beltrán, J., Napoli, M., Dao, A., Amoro, Q., Verdi, L., Orlandini, S., Dalla Mart, A. (2021). Nitrogen, phosphorus and potassium mass balances in an irrigated quinoa field. *Italian Journal of Agronomy*, 16: 1788.
4. Anisimov, M. M., Chaikina, E. L., Klykov, A. G., & Rasskazov, V. A. (2013). Effect of seaweeds extracts on the growth of seedling roots of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) is depended on the season of algae collection. *Agriculture Science Developments*, 2(8), pp. 67-75. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.677.9274&rep=rep1&type=pdf>
5. Ansanelli, S. L., & De Barros, G. S. (2020). The impact of chinese and european non-tariff barriers on brazilian exports of agricultural products. *Brazilian Journal of Development*, 6(1), pp. 4733-4751. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n1-340>
6. Bhargava, A., Srivastava, S. (2013). *Quinoa: Botany, production and uses*; CABI: Wallingford, UK, ISBN 1780642261.

7. Björkman, T. (2009). Information for buckwheat growers. N.Y. State Agricultural Experiment Station, Cornell Univ. Retrieved August 25, 2012: <http://www.hort.cornell.edu/bjorkman/lab/buck/guide/whygrow.php>
8. BORTOLUZZI, E. C. et al. (2010). Aggregation of subtropical soil under liming: a study using laser diffraction. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.34, n.3, pp. 725-734. Available from: Accessed: Sep. 28, 2017. doi: 10.1590/S0100-06832010000300014.
9. Bowman, G., Shirley, C., Cramer, C. (1998). Managing cover crops profitably. Sustainable Agriculture Network Handbook Series, Book 3. Available online at: <http://www.sare.org>
10. Brasil, V. C. B., Guimarães, B. P., Evaristo, R. B. W., Carmo, T. S., & Ghesti, G. F. (2020). Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) characterization as adjunct in beer brewing. *Food Science and Technology*, 41(SP1). <https://doi.org/10.1590/fst.15920>
11. Brozović, B. (2014). Utjecaj ozimih pokrovnih usjeva na populaciju korova u ekološkom uzgoju kukuruza kokičara (*Zea mays everta* Sturt.). Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
12. Brozović, B., Stipešević, B., Jud, D., Jug, I., Đurđević, B., Vukadinović, V., Lucić, M. (2018). Evaluation of different plant species suitability as winter cover crops. In Proceedings of 11th international scientific/professional conference Agriculture in 22 Nature and Environment Protection, (Ed) Jug, D., Brozović, B. Glas Slavonije, Vukovar 28th-30 th May 2018, pp. 82-87.

13. Buamona, S., Bahasoan, H., Hamid, I., Umanailo, M. C. B., Hentihu, I., Ningkeula, E. S., Assagaf, S. A. (2022). Analisis usaha tani padi sawah (*Oriza sativa* L.) di Desa Savana Jaya Kecamatan Waeapo Kabupaten Buru. DOI: 10.31219/osf.io/xe7bt

14. Buiatti, S., Bertoli, S., & Passaghe, P. (2018). Influence of gluten-free adjuncts on beer colloidal stability. *European Food Research and Technology*, 244(5), pp. 903-912. <https://doi.org/10.1007/s00217-017-3010-3>

15. Caporal, F., Campiglia, E., Mancinelli, R., Paolini, R. (2004). Maize Performances as Influenced by Winter Cover Crop Green Manuring. *Italian Journal Agronomy*, 8 (1), pp. 37-45.

16. Castro, G. S. A. et al. (2011). Soil physical properties in crop rotation systems as affected by liming materials. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.46, n.12, pp. 1690-1698. Available from: Accessed: Jul. 13, 2017. doi: 10.1590/S0100-204X2011001200015.

17. Cawoy, V., Ledent, J. F., Kinet, J. M., Jacquemart, A. L. (2009). Floral biology of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench). *Eur. J. Plant Sci. Biotechnol*, 3, pp. 1–9.

18. Cawoz, V., Deblauwe, V., Halbrech, B., Ledent, J. F., Kinet, J. M., Jacquemart, A. L. (2006). Morph differences and honeybee morph preference in the distylous species *Fagopyrum esculentum* Moench. *Int. J. Plant Sci*, 167, pp. 853-861.

19. Contreras-Jiménez, B., Torres-Vargas, O. L., Rodríguez-García, M. E. (2019). Physicochemical characterization of quinoa (*Chenopodium quinoa*) flour and isolated starch. *Food Chem.*, 298, 124982.

20. Chen, Q. (2001). Discussion on the origin of cultivated buckwheat in genus *Fagopyrum* (Polygonaceae). The proceeding of the 8th ISB, pp. 206-213. Retrieved: August 25, 2012 <http://lnmcp.mf.uni-lj.si/Fago/SYMPO/2001sympoEach/2001s-206.pdf>
21. Christoph, M. J., Larson, N., Hootman, K. C., Miller, J. M., & Neumark-Sztainer, D. (2018). Who values gluten-free? Dietary intake, behaviors, and sociodemographic characteristics of young adults who value gluten-free food. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 118(8), pp. 1389-1398. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2018.04.007>
22. 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, veterinarara, tehnologa i agroekonomista*, 24(1-2), pp. 123–130.
23. De Bock, P., Cnops, G., Muylle, H., Quataert, P., Eeckhout, M., Van Bockstaele, F. (2022). Physicochemical characterization of thirteen quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) varieties grown in north-west Europe—Part II. *Plants*, 11, 265. <https://doi.org/10.3390/plants11030265>
24. Dražić, S., Glamočlija, Đ., Blagojević, S. (2011). Proizvodne osobine introdukovane vrste kvinoja (*Chenopodium quinoa* Willd.) u našim uslovima gajenja. *J. Sci. Agric. Research*, 72(259), pp. 17–24.
25. Dražić, S., Žarković, B., Glamočlija, Đ., Dražić, M., Zagorac, Đ., Kolarić, Lj., Živanović, Lj. (2013a). Uticaj suše na prinos zrna kvinoje (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Agroznanje*, 14(2), pp. 277–283.

26. Dražić, S., Živanović, T., Maletić, R., Glamočlija, Đ., Žarković, B., Dražić, M. (2013b). Varijabilnost svojstava introdukovanih genotipova kvinoje (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Selekcija i semonarstvo*, 19(1), pp. 19–26.
27. Đurić, N., Glamočlija, Đ., Janković, S., Dozet, G., Popović, V., Glamočlija, M., Cvijanović, V. (2018). Alternativne žitarice u Srbiji u sistemu održive poljoprivredne proizvodnje. *Agronomski glasnik*, 6, pp. 369–384.
28. Đurić, N., Zečević, V., Savić, S., Gavrilović, M., Đorđević, R., Cwikić, D., Cvijanović, G. (2021). Utjecaj godine na urod i sadržaj proteina u zrnju sorti ozime pšenoraži. *Sjemenarstvo*, 32(2), pp. 87–96.
29. EASAC (2011). Plant genetic resources for foods and agriculture: Roles and research priorities in the European Union. Policy Report, 17.
30. Escribano, J., Cabanes, J., Jiménez-Atiénzar, M., Ibañez-Tremolada, M., Gómez-Pando, L. R., García-Carmona, F., Gandía-Herrero, F. (2017). Characterization of betalains, saponins and antioxidant power in differently colored quinoa (*Chenopodium quinoa*) varieties. *Food Chem.*, 234, pp. 285–294.
31. Eswaran, H., Lal, R., Reich, P. F. (2001). Land degradation: an overview. Responses to Land Degradation. Proc. 2nd. International Conference on Land Degradation and Desertification, Oxford Press, New Delhi.
32. FAO (1989). Sustainable development and natural resources management, FAO 25th Conference Paper C 89/2-Sup. 2, FAO, Rome, Italy.

33. FAO-ALADI (2014). Trends and perspectives of international quinoa trade. Organization of the United Nations for Food and Agriculture (FAO)-Latin American Integration Association (ALADI), Santiago, Chile.
34. FAO (2021). Standard operating procedure for soil organic carbon: Tyurin spectrophotometric method. Rome.
35. FAO (2018). Future smart food – Rediscovering hidden treasures of neglected and underutilized species for Zero Hunger in Asia. Executive summary, Bangkok.
36. Filho, A. M. M., Pirozi, M. R., Borges, J. T. D. S., Pinheiro Sant’Ana, H. M., Chaves, J. B. P., Coimbra, J. S. D. R. (2017). Quinoa: Nutritional, functional, and antinutritional aspects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(8), pp. 1618–1630, <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.1001811>
37. Fleming, J. E., Galwey, N. W. (1995). Quinoa (*Chenopodium quinoa*). In: Williams, J. T. (eds.), *Cereals and pseudocereals*. Chapman & Hall, London, pp. 3-83.
38. Foschia, M., Horstmann, S., Arendt, E. K., Zannini, E. (2016). Nutritional therapy – Facing the gap between coeliac disease and gluten-free food. *International Journal of Food Microbiology*, 239, pp. 113-124. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.06.014>
39. Gandía-Herrero, F., Escribano, J., & García-Carmona, F. (2016). Biological activities of plant pigments betalains. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56, pp. 937–945.

40. Gardner, M., Maliro, M. F. A., Goldberger, J. R., Murphy, K. M. (2019). Assessing the potential adoption of quinoa for human consumption in central Malawi. *Front. Sustain. Food Syst.* 3: 52.
41. Garcia, M., Raes, D., Jacobsen, S. E., Michel, T. (2007). Agroclimatic constraints for rainfed agriculture in the Bolivian Altiplano. *J. Arid Environ.* 71(1), pp. 109-121.
42. Glamočlija, Đ., Milovanović, Mirjana, Vučelić Radović, Biljana, Stikić, Radmila, Jovanović, Zorica i Maksimović, S. (2010a). Uticaj gustine useva na prinos i nutritivnu vrednost semena kvinoje (*Chenopodium quinoa* Will.). XV savetovanje o biotehnologiji. Zbornik radova, 15, pp. 123-128.
43. Glamočlija, Đ., Staletić, M., Ikanović, J., Spasić, M., Đekić, V., Davidović, M. (2010b). Possibilities alternative grain production in the highlands area of central Serbia. *Economics of Agriculture*, 57(SI2), pp. 71–77.
44. Glamočlija, Đ., Čosić, Z., Dražić, S., Ikanović, J., Milutinović, M., Đokić, J. (2012). Uticaj agroekoloških i zemljišnih uslova na morfološke osobine i prinos heljde. *Radovi sa XXI savetovanja agronoma, veterinara, tehnologa i egroekonomista*, 18(1–2), pp. 71–77.
45. Glamočlija, Đ., Janković, S., Popović, V., Filipović, V., Kuzevski, J., Ugrenović, V. (2015). Alternativne ratarske biljke u konvencionalnom i organskom sistemu gajenja. Institut za primenu nauke u poljoprivredi, Beograd.
46. Golijan, J., Kostić, A. Ž., Živanović, Lj. (2017). Hemijski sastav heljde sa nutritivnog aspekta. *Hrana i ishrana (Beograd)*, 58(2), pp. 9–16.

47. Gondola, I., Papp PP. (2010). Origin, geographical distribution and phylogenetic relationships of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench.). In: Dobranszki J (Ed) Buckwheat 2. The Eur J Plant Sci Biotechnol. 4(2), pp. 17-32.
48. Gómez-Caravaca, A. M., Iafelice, G., Verardo, V., Marconi, E., & Caboni, M. F. (2014). Influence of pearling process on phenolic and saponin content in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). Food Chemistry, 157, pp. 174–178.
49. Gordillo-Bastidas et al. (2016). Enhancing Food Security and Climate Change Resilience in Degraded Land Areas by Resilient Crops and Agroforestry, pp. 283–297.
50. Granado-Rodríguez, S., Vilariño-Rodríguez, S., Maestro-Gaitán, I., Matias, J., Rodríguez, M. J., Calvo, P., Cruz, V., Bolaños, L., Reguera, M. (2021). Genotype-dependent variation of nutritional quality-related traits in quinoa seeds. Plants, 10(10): 2128, <https://doi.org/10.3390/plants10102128>
51. Habtemariam, S. (2019). Antioxidant and rutin content analysis of leaves of the common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) grown in the United Kingdom: A case study. Antioxidants, 8(6), pp. 160-169. <https://doi.org/10.3390/antiox8060160>
52. Hadžić, V. B., Sekulić, P., Vasin, J., Nešić, L. (2005). Geološka osnova zemljišnog pokrivača Vojvodine. Ekonomika poljoprivrede 52(4), pp. 429-438.
53. Hinojosa, L., González, J. A, Barrios-Masias, F. H., Fuentes, F., Murphy, K M. (2018). Quinoa abiotic stress responses: A review. Plants 7(4), 106. <https://doi.org/10.3390/plants7040106>

54. Ikanović, J., Popović, V., Janković, S., Rakić, S., Dražić, G., Živanović, Lj., Kolarić, Lj., Lakić, Ž. (2015). Produkcija biomase miskantusa gajenog na degradiranom zemljištu. Radovi sa XXIX savetovanja agronoma, veterinara, tehnologa i agroekonomista, 21(1–2), pp. 115–124.
55. Ikanović, J., Popović, D., Popović, V., Jaćimović, G., Đurović, I., Kolarić, Lj., Čosić, M., Rakašćan, N. (2022). Analysis of genotype-by-year interaction for *Secale cereale* L. productive traits and circular economy. *Agriculture & Forestry*, 68(1), pp. 297-319.
56. Ivanišević, P., Galić, Z., Pekeč, S., Rončević, S., Andrašev, S. (2011). Podizanje šuma u funkciji zaštite i očuvanja od zaslanjivanja poljoprivrednih zemljišta u Vojvodini. *Topola*, 187/188: pp. 83–193.
57. Jacobsen, S. E. (2003). The Worldwide Potential for Quinoa. In *Food Reviews International*, Vol. 19, No. 1&2, pp. 167-177.
58. Jacquemart, A. L., Cawoy, V., Kinet, J. M. et al. (2012). Is buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) still a valuable crop today? *The Eur J Plant Sci Biotechnol. Global Sci Books*, 6(2), pp. 1-10.
59. Jaikishun, S., Li, W., Yang, Z., Song, S. (2019). Quinoa: In perspective of global challenges. *Agronomy*, 9(4): 176.
60. Janošević, B. R. (2021). Agroekološki i agronomski značaj pokrovnih useva u održivom sistemu gajenja hibrida kukuruza specifičnih svojstava. Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu – Poljoprivredni fakultet. Beograd.

61. Jevđović, R., Todorović, G., Filipović, V., Kostić, M., Marković, J., Dimitrijević, S. (2012). Doprinos poznavanju kvaliteta semena kvinoje (*Chenopodium quinoa* Wild). *Lekovite sirovine*, 32: pp. 67–70.
62. Jug, D., Jug, I., Vukadinović, V., Đurđević, B., Stipešević, B., Brozović, B. (2017). Konzervacijska obrada tla kao mjera ublažavanja.
63. Kalandadze, I., Kikava, A., Kalandadze, B., Tchitanava, Z., Dvalashvili, G. (2020). Sustainable management of degraded soils (on the example of Kartli region). *International Multidisciplinary Scientific GeoConference, SGEM*, 20(5.1): 771.
64. Khan, A., Singh, A., V., Upadhyay, V., K., Ballabh, A., Prasad, B. (2022). Influence of PGPR on growth and yield of oat (*Avena sativa* L.) under field conditions. *Indian Journal of Ecology*, 49(4): pp. 1351-1356.
65. Kumari, A., Chaudhary, H. K. (2020). Nutraceutical crop buckwheat: a concealed wealth in the lap of Himalayas. *Critical Reviews in Biotechnology*, 40(4), pp. 539–554.
66. Küster, I., & Vila, N. (2017). Health/Nutrition food claims and low-fat food purchase: projected personality influence in young consumers. *Journal of Functional Foods*, 38, pp. 66–76.
67. Li, G., Zhu, F. (2017). Physicochemical properties of quinoa flour as affected by starch interactions. *Food Chem.*, 221, pp. 1560–1568.

68. Lisboa, B. B. et al. (2017). Microbial indicators of soil quality in diferente management systems. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 36, pp. 45-55, 2012. Accessed: Oct. 24, 2017. doi: 10.1590/S0100-06832012000100004.

69. Marković, S. B., Bokhorst, M., Vandenberghe, J., Oches, E. A., Zöller, L., McCoy, W. D., Gaudenyi, T., Jovanović, M., Hambach, U., Machalett, B. (2008). Late Pleistocene loess paleosol sequences in the Vojvodina region, North Serbia. *Journal of Quaternary Science* 23, pp. 73-84.

70. Marović, M., Toljić, M., Rundić, Lj., Milivojević, J. (2007). *Neoalpine Tectonics of Serbia*. Belgrade: Serbian Geological Society.

71. Myers, R., L., Meinke, L. J. (1994). Buckwheat: a multi-purpose, short-season alternative. University of Missouri Extension. Retrieved April 19, 2013: <http://extension.missouri.edu/p/G4306>

72. Mikami, T., Motonishi, S., & Tsutsui, S. (2018). Production, uses and cultivars of common buckwheat in Japan: An overview. *Acta agriculturae Slovenica*, 111(2), pp. 511-517. <https://doi.org/10.14720/aas.2018.111.2.23>

73. Mihailović, B., Simonović, Z. (2016). *Strateško planiranje održivog razvoja poljoprivrede i ruralnih područja u Srbiji*, Institut za ekonomiku poljoprivrede, Beograd, Srbija, pp. 404.

74. (2008): Nacionalna strategija održivog razvoja, „Službeni glasnik Republike Srbije”, broj 57/08, Beograd.

75. Nelson, D., W., Sommers, L., E. (1982). Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Soil Science Society of America (2nd ed). American Society of Agronomy: Madison.
76. Nepali, B., Bhandari, D., Shrestha, J. (2019). Mineral nutrient content of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) for nutritional security in Nepal. Malaysian Journal of Sustainable Agriculture, 3(1), pp. 1–4.
77. Nikolić, M., Popović, V., Simonović, Z. (2010). Osnovni principi održivog razvoja, u: Strateško planiranje razvoja lokalnih zajednica – Model MZ Glogonj (eds.): Cvijanović, D., Hamović, V., Subić, J., Institut za ekonomiku poljoprivrede, Beograd, Srbija, pp. 8-29.
78. Nikolic, O., Pavlovic, M., Dedic, D., Sabados, V. (2019). The influence of sow density on productivity and moisture in buckwheat grain (*Fagopyrum esculentum* Moench.) in condition of stubble sowing and irrigation. Agriculture & Forestry, 65(4), pp. 193–202.
79. Nowak, V., Du, J., Charrondière, U. R. (2016): Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), Food Chemistry, 193, pp. 47–54.
80. Parašilovac, K. (2022). Zob (*Avena sativa* L.) – morfološka obilježja, uzgoj i značaj. Završni rad. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera – Fakultet agrobiotehničkih znanosti, Osijek.
81. Pereiraa Eliana, Encina-Zeladaa Christian, Barrosa Lillian, Gonzales-Barrona Ursula, Cadaveza Vasco, Isabel C. F. R. Ferreiraa (2019). Chemical and nutritional characterization of *Chenopodium quinoa* Willd (quinoa) grains: A good alternative to nutritious food.

82. Pekeč, S., Katanić, M., Drekić, M., Pilipović, A. (2016). Osobine i mogućnosti pošumljavanja zemljišta u procesu degradacije. *Topola*, 197/198, pp. 103–110.

83. Pellegrini, M., Lucas-Gonzales, R., Ricci, A., Fontecha, J., Fernandez-Lopez, J., Perez-Alvarez, J.A., Viuda-Martos, M. (2018). Chemical, fatty acid, polyphenolic profile, techno-functional and antioxidant properties of flours obtained from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) seeds. *Industrial Crops and Products*, 111, pp. 38-46.

84. Pineli L. L. O., Botelho R. B. A., Zandonadi R. P., Solorzano J. L., de Oliveira G. T., Reis C. E. G., Teixeira D. D. S. (2015). Low glycemic index and increased protein content in a novel quinoa milk. *LWT*, 63(2), pp. 1261-1267.

85. Popović, D. B., Rajičić, V., Popović, V., Burić, M., Filipović, V., Gantner, V., Lakić, Ž., Božović, D. (2022). Economically significant production of *Secale cereale* L. as functional foods. *Agriculture & Forestry*, 68(3), pp. 133-145.

86. Popović, V., Sikora, V., Berenji, J., Filipović, V., Dolijanović, Ž., Ikanović, J., Dončić, D. (2014). Analysis of buckwheat production in the world and Serbia. *Economics of Agriculture*, 61(1), pp. 53–62.

87. Popović V., Sikora V., Glamočlija Đ., et al. (2013). Influence of agro-ecological conditions and foliar fertilization on yield and yield components of buckwheat in conventional and organic cropping system. *Biotechnol Ani Hus*, 29(3), pp. 537-46.

88. Radovanović, V. (2020). Mogućnost dobijanja nutritivno vrednih proizvoda od kvinoje (*Chenopodium quinoa* Will.) korišćenjem zagađenih voda. Doktorska disertacija. Univerzitet Edukons – Fakultet ekološke poljoprivrede, Sremska Kamenica.

89. Ryder, M., H., Fares, A. (2008). Evaluating cover crops (sudex, sunn hemp, oats) for use as vegetative filters to control sediment and nutrient loading from agricultural runoff in a Hawaiian watershed. *J. Am. Water Res. Assoc.*, 44, pp. 640-653.
90. Rodić, D., Pavlović, M. (1994). *Geografija Jugoslavije. Savremena administracija*, Beograd.
91. Rodrigues, C. V., Vieira, A. E., Silva, C. A., Amorim, M. M. A., Gregório, E. L., & Do Amaral, D. A. (2019). Evaluation of food availability for people with food restrictions in the snack bars of hypercenter of Belo Horizonte/MG. *Brazilian Journal of Development*, 5(12), pp. 28547-28562. <https://doi.org/10.34117/bjdv5 n12-035>
92. Rojas, R. V., Achouri, M., Maroulis, J. (2016). Healthy soils: A prerequisite for sustainable food security. *Environ. Earth Sci.*, 75, pp. 180.
93. Roljević Nikolić, S., Dolijanović, Ž., Kovačević, D., Oljača, S., Šeremešić, S. (2020). Morphological and productive characteristics of hulless barley in organica farming. *Ratar. Povrt.*, 57(1), pp. 27–34.
94. Romanovskaja, D., Razukas, A., Asakaviciute, R. (2021). Effect of morphostructural elements on buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) productivity. *AGBIR.*, 37(2), pp. 158-162.
95. Rumbočić, I. (2022). Utjecaj sorte i dušičnih gnojiva na prinos i kvalitetu pšenice u vegetaciji 2021./2022. Diplomski rad. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera – Fakultet agrobiotehničkih znanosti, Osijek.

96. Scanlin, L., Lewis, K. A. (2017). Quinoa as a sustainable protein source: Production, nutrition, and processing. In: Nadathur, S. R., Wanasundara, J. P. D., Scanlin, L. (eds), Sustainable Protein Sources, pp. 223–238, Academic Press, Cambridge.
97. Silva, D. B., Guerra, A. F., Da Silva, A. C., & Póvoa, J. S. R. (2002). Avaliação de genótipos de mourisco na região do cerrado. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E). Retrieved January 8, 2021, from <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/174899/1/bp021.pdf>
98. Singh, M., Malhotra, N., Sharma, K. (2020). Buckwheat (*Fagopyrum* sp.) genetic resources: What can they contribute towards nutritional security of changing world? Genet. Resour. Crop. Evol., 67, pp. 1639–1658.
99. Smalley, I.J., Mavlyanova, N.G., Rahkmatullaev, Kh.L., Shermatov, M.Sh., Machalet, B., O'Hara-Dhand, K., Jefferson, I.F. (2006). The formation of loess deposits in the Tashkent region and parts of Central Asia; and problems with irrigation, hydrocollapse and soil erosion. Quaternary International 152/153, pp. 59–69.
100. Sobota, A., Swieca, M., Gęsiński, K., Wirkijowska, A., Bochnak, J. (2020). Yellow-coated quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) – physicochemical, nutritional, and antioxidant properties. J. Sci. Food Agric. 100, pp. 2035–2042.
101. Solaesa, Á.G., Villanueva, M., Vela, A.J., Ronda, F. (2020). Protein and lipid enrichment of quinoa (cv. Titicaca) by dry fractionation. Techno-functional, thermal and rheological properties of milling fractions. Food Hydrocoll. 105, 105770

102. Srebrić, M., Prijić, Lj. (2001). Uticaj suše na prinos zrna i kvalitet semena soje. *Agroinovacije*, 2, pp. 191-193.

103. Sredojević, Z., Kljajić, N., Arsić, S. (2020). Economic profitability and ecological justification of buckwheat cultivation in the republic of Serbia. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 20(3), pp. 571–578.

104. SRPS ISO 11465:2002 – Kvalitet zemljišta – Određivanje sadržaja suve materije i vode u obliku masene frakcije – Gravimetrijska metoda.

105. SRPS ISO 13878:2005 – Kvalitet zemljišta – Određivanje sadržaja ukupnog azota suvim sagorevanjem ("elementarna analiza").

106. SRPS EN 15934 – Mulj, tretirani biotpad, zemljište i otpad – Izračunavanje udela suve materije posle određivanja suvog ostatka ili sadržaja vode.

107. Stipešević, B., Šamota, D., Jug, D., Jug, I., Kolar, D., Vrkljan, B., Birkas, M. (2008). Effects of the second crop on maize yield and yield components in organic agriculture. *Agronomski glasnik* 5/2008. ISSN 0002-1954

108. Subić J., Kljajić N., Jeločnik M. (2017). *Obnovljivi izvori energije i navodnjavanje u funkciji održivog razvoja poljoprivrede – ekonomski aspekti – Monografija*, Beograd.

109. Sümegi, P., Lócskai, T., Hupuczi J. (2011). Late Quaternary palaeoenvironment and palaeoclimate of the Lake Fehér (Fehér-tó) sequence at Kardoskút (South Hungary), based on preliminary mollusc records. *Central European Journal of Geosciences* 3(1), pp. 43-52.
110. Tang, Y., Li, X., Chen, P. X., Zhang, B., Hernandez, M., Zhang, H., Marcone, M. F., Tsao, R. (2015). Characterisation of fatty acid, carotenoid, tocopherol/tocotrienol compositions and antioxidant activities in seeds of three *Chenopodium quinoa* Willd. genotypes. *Food Chemistry*, 174, pp. 502-508.
111. Tamura, H., Honda, M., Sato, T., Kamachi, H. (2005). Pb hyperaccumulation and tolerance in common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench). *Journal of Plant Research*, 118, pp. 355-359.
112. Tapia, M. (1982). The Environment, crops and agricultural systems in the Andes of Southern Peru, IICA.
113. Tomić, P., Romelić, J., Kicošev, S., Lazić, L. (2002). Vojvodina, monografija, Prirodno-matematički fakultet, Departman za geografiju, turizam i hotelijerstvo, Novi Sad.
114. Šimunić, B., Šimon, M., Stipešević, B., Brozović, B., Stošić, M., Tomičić, J., Kolar, D., Mikić, B., Mladenović-Drinić, S., Kratovalieva, S. (2010). Different fertilization systems for buckwheat sown as post-harvest crop. In Proceedings of 3rd international scientific/professional conference Agriculture in Nature and Environment Protection, (Ed) Jug, D., Sorić, R. Glas Slavonije, Vukovar 31st May-2nd June, 2010, pp. 239-244.

115. Škrobot, D., Milovanović, I., Jovanov, P., Pestorić, M., Tomić, J., Mandić, A. (2019). Buckwheat, quinoa and amaranth: Good alternatives to nutritious food. *Journal on Processing and Energy in Agriculture*, 23(3), pp. 113–116.
116. Unal, H., Izli, G., Izli, N., Asik, B. B. (2017). Comparison of some physical and chemical characteristics of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) grains. *Journal of Food*, 15(2), pp. 257–265.
117. United Nations (2015). Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015, Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development.
118. Vecchia, L., Di Gioia, F., Ferrante, A., Hong, J. C., White, C., Roskopf, E. N. (2020). Integrating cover crops as a source of carbon for anaerobic soil disinfestation. *Agronomy*, 10, 1614.
119. Vilcacundo, R., & Hernández-Ledesma, B. (2017). Nutritional and biological value of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Current Opinion in Food Science*, 14, pp. 1–6.
120. Vodoprovredna osnova Vojvodine (VOV) (prednacrt) (1985). Samoupravna interesna zajednica za osnovno uređenje voda Vojvodine, Poljoprivredni faklutet, Institut za uređenje voda, Novi Sad.
121. Wang, W., Liu, X., Li, Y., You, H., Yu, Z., Wang, L., Liu, X., Ding, L. (2022). Identification and Characterization of Dipeptidyl Peptidase-IV Inhibitory Peptides from Oat Proteins. *Foods*, 11, 1406. <https://doi.org/10.3390/foods11101406>

122. Woo SH, Kamal AHM, Tatsuro S, et al. (2010). Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench.): Concepts, Prospects and Potential. In: Dobranszki J (Ed) Buckwheat 2. Eur J Pla Sci Biotechnol, 4(2), pp. 1-16.

123. WCED (1987). Our Common Future: The Bruntland report, World Commission on Environment and Development, NY, USA, p. 300.

124. Zeremski, M. (1972). Južnbanatska lesna zaravan – prilog regionalnoj geomorfologiji Vojvodine iz aspekta egzo i endodinamičkih procesa. Zbornik Matice srpske za prirodne nauke 43.

125. Zhu, Y. G., He, Y. Q., Smith, S. E., Smith, F. A. (2002). Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) has high capacity to take up phosphorus (P) from calcium (Ca) bound source. Plant Soil, 239, pp. 1-8.

PRILOZI

Tabela P1. Rezultati morfološko-produktivnih osobina kvinoje u 2017. godini

na oglednom polju (plodnom zemljištu) u Novoj Pazovi

Visina stabla cm	Prinos zrna kg ha ⁻¹	Prinos biomase kg ha ⁻¹
152,0	988	975
149,0	1010	980
151,0	990	1100
150,0	986	978
147,0	1000	984
152,0	991	965
141,0	935	945
143,0	997	971
151,0	992	1103
151,0	995	997

Tabela P2. Rezultati morfološko-produktivnih osobina kvinoje u 2017. godini

na oglednom polju (degradiranom zemljištu) u Ilandži

Visina stabla cm	Prinos zrna kg ha ⁻¹	Prinos biomase kg ha ⁻¹
144,0	710	840
149,0	620	950
148,0	630	968
144,0	650	965
149,0	652	952
148,0	690	948
150,0	700	955
149,0	698	890
142,0	690	974
147,0	693	952

Tabela P3. Rezultati morfološko-produktivnih osobina kvinoje u 2018. godini

na oglednom polju (plodnom zemljištu) u Novoj Pazovi

Visina stabla cm	Prinos zrna kg ha ⁻¹	Prinos biomase kg ha ⁻¹
140,0	920	1040
149,0	890	960
145,0	940	1000
142,0	948	975
143,0	952	980
149,0	960	1010
150,0	968	995
149,0	955	980
151,0	940	1104
150,0	960	1120

*Tabela P4. Rezultati morfološko-produktivnih osobina kvinoje u 2018. godini
na oglednom polju (degradiranom zemljištu) u Ilandži*

Visina stabla cm	Prinos zrna kg ha ⁻¹	Prinos biomase kg ha ⁻¹
134,0	510	740
143,0	490	960
138,0	640	928
142,0	488	875
139,0	610	860
141,0	620	780
132,0	548	790
129,0	610	785
141,0	590	820
133,0	560	740

*Tabela P5. Rezultati morfološko-produktivnih osobina kvinoje u 2019. godini
na oglednom polju (plodnom zemljištu) u Novoj Pazovi*

Visina stabla cm	Prinos zrna kg ha ⁻¹	Prinos biomase kg ha ⁻¹
139,0	910	990
139,0	892	950
142,0	930	988
141,0	915	975
140,0	917	980
143,0	925	1100
112,0	933	975
138,0	895	980
141,0	890	1100
139,0	875	1100

*Tabela P6. Rezultati morfološko-produktivnih osobina kvinoje u 2019. godini
na oglednom polju (degradiranom zemljištu) u Ilandži*

Visina stabla cm	Prinos zrna kg ha ⁻¹	Prinos biomase kg ha ⁻¹
136,0	500	710
137,0	520	660
138,0	600	630
132,0	588	675
141,0	590	640
134,0	591	700
144,0	610	675
138,0	510	680
142,0	490	550
148,0	610	540

Tabela P7. Rezultati morfološko-produktivnih osobina heljde u 2017. godini
na oglednom polju (plodnom zemljištu) u Novoj Pazovi

Visina stabla cm	Prinos zrna kg ha ⁻¹	Prinos biomase kg ha ⁻¹
133,0	925	5885
139,0	980	5770
140,0	930	5680
132,0	926	5834
138,0	936	5765
137,0	931	5699
135,0	928	5880
139,0	968	5821
140,0	955	5698
137,0	971	5684

Tabela P8. Rezultati morfološko-produktivnih osobina heljde u 2017. godini
na oglednom polju (degradiranom zemljištu) u Ilandži

Visina stabla cm	Prinos zrna kg ha ⁻¹	Prinos biomase kg ha ⁻¹
129,1	820	5000
110,6	880	4913
118,4	790	4830
121,9	825	4885
124,0	780	4760
120,1	830	4670
123,1	725	4883
129,2	780	4770
110,7	730	4680
110,4	735	5010

Tabela P9. Rezultati morfološko-produktivnih osobina heljde u 2018. godini
na oglednom polju (plodnom zemljištu) u Novoj Pazovi

Visina stabla cm	Prinos zrna kg ha ⁻¹	Prinos biomase kg ha ⁻¹
123,0	875	5435
133,1	880	5530
138,2	830	5500
133,2	845	5885
134,3	870	5670
130,1	830	5420
137,1	845	5680
136,0	880	5670
120,7	830	5680
130,0	856	5440

Tabela P10. Rezultati morfološko-produktivnih osobina heljde u 2018. godini
na oglednom polju (degradiranom zemljištu) u Ilandži

Visina stabla cm	Prinos zrna kg ha ⁻¹	Prinos biomase kg ha ⁻¹
109,3	626	4435
106,6	780	4433
110,3	710	4400
113,2	725	4305
119,1	680	4470
106,1	634	4280
107,0	725	4185
109,0	700	4770
110,0	730	4340
100,7	680	4480

Tabela P11. Rezultati morfološko-produktivnih osobina heljde u 2019. godini
na oglednom polju (plodnom zemljištu) u Novoj Pazovi

Visina stabla cm	Prinos zrna kg ha ⁻¹	Prinos biomase kg ha ⁻¹
131,0	950	5700
140,0	960	5650
143,0	930	5800
141,1	925	5885
139,4	960	5770
142,1	930	5680
137,1	928	5885
139,1	945	5770
140,0	930	5680
138,3	940	5680

Tabela P12. Rezultati morfološko-produktivnih osobina heljde u 2019. godini
na oglednom polju (degradiranom zemljištu) u Ilandži

Visina stabla cm	Prinos zrna kg ha ⁻¹	Prinos biomase kg ha ⁻¹
110,3	850	4955
118,7	780	5425
120,7	810	5110
123,4	825	5177
124,7	880	5170
110,9	810	5180
115,6	825	5285
119,4	790	5570
115,2	830	4680
116,6	800	5000