

Utjecaj konsocijacije oraha i ječma na prinos ječma

Penavić, Anamarija

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:127675>

Rights / Prava: [In copyright/Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-04***



Sveučilište Josipa Jurja
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet
agrobiotehničkih
znanosti Osijek**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Anamarija Penavić

Diplomski studij Ishrana bilja i tloznanstvo

UTJECAJ KONSOCIJACIJE ORAHA I JEČMA NA PRINOS JEČMA

Diplomski rad

Osijek, 2022.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Anamarija Penavić

Diplomski studij Ishrana bilja i tloznanstvo

UTJECAJ KONSOCIJACIJE ORAHA I JEČMA NA PRINOS JEČMA

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. doc.dr.sc. Vladimir Zebec, predsjednik
2. izv.prof.dr.sc. Vladimir Ivezić, mentor
3. Prof.dr.sc. Brigita Popović, član

Osijek, 2022.

Sadržaj

| | |
|---|----|
| 1. UVOD..... | 1 |
| 2. PREGLED LITERATURE..... | 5 |
| 2.1. Agrošumarstvo..... | 5 |
| 2.2. Ječam (<i>Hordeum vulgare</i>)..... | 7 |
| 3. MATERIJALNI I METODE..... | 11 |
| 3.1. Lokaliteti pokusa..... | 11 |
| 3.2. Agrokemijske analize..... | 12 |
| 3.2.1 <i>pH</i> | 11 |
| 3.2.2. <i>Hidrolitička kiselost(Hy)</i> | 11 |
| 3.2.3. <i>Lakopristupačni fosfor i kalij</i> | 11 |
| 3.2.4. <i>Humus</i> | 12 |
| 3.3. Analiza biljnog materijala..... | 13 |
| 3.3.1. <i>Razaranje biljnog materijala mokrim postupkom</i> | 14 |
| 3.3.2. <i>Određivanje prinosa i komponenti prinosa</i> | 15 |
| 3.3.3. <i>Određivanje prinosa oraha</i> | 16 |
| 3.4. Određivanje insolacije..... | 16 |
| 3.5. Temperatura i vлага unutar usjeva..... | 17 |
| 3.6. Produktivnost površine (<i>LER – land equivalent ratio</i>)..... | 17 |
| 4. REZULTATI | 18 |
| 4.1. Osnovna svojstva tla..... | 18 |
| 4.2. Komponente prinosa..... | 20 |
| 4.3. LER (<i>Land equivalent ratio</i>)..... | 22 |
| 5.RASPRAVA..... | 23 |
| 6. ZAKLJUČAK | 27 |

| | |
|---------------------------|----|
| 7. POPIS LITERATURE | 28 |
| 8. SAŽETAK..... | 31 |
| 9. SUMMARY..... | 32 |
| 10. POPIS TABLICA..... | 33 |
| 11. POPIS SLIKA..... | 34 |

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

BASIC DOCUMENTATION CARD

1. UVOD

Ječam (*Hordeum vulgare*) je jednogodišnja biljka koja pripada porodici *Poaceae* a potječe iz jugoistočne Azije i Egipta. *Hordeum vulgare* se na temelju razvijenosti, rasporeda i fertilnosti klasića dijeli u 5 konvarijeteta: *Hordeumvulgareconvar. hexastichon* (višeredni ječam), *Horedumvulgareconvar. intermedium* (prijeđazni ječam), *Hordeumvulgareconvar. distichon* (dvoredni ječam), *Hordeumvulgareconvar. dificiens* (nepotpuni ječam), *Hordeumvulgareconvar. labile.irregulare* (labilni ječam). Zajedno sa zobi i raži pripada u strne žitarice koje imaju jare i ozime forme. Zbog navedenih formi te svoje kratke vegetacije i velikog polimorfizma ječam je žitarica najvećeg areala rasprostranjenosti. Prema zastupljenim površinama žitarica u svijetu ječam se nalazi na četvrtom mjestu, a najveći proizvođači su Rusija, Kanada, Ukrajina i Njemačka. Ječam se prvenstveno koristi u prehrani ljudi, za proizvodnju krme (stočarski) i alkohola (pivarski). Za proizvodnju piva uglavnom se koriste ozime sorte dvorednog ječma (*var.nutans*) čije zrno treba zadovoljiti niz svojstava od kojih je najznačajniji slad. To je proklijalo zrno ječma kojemu se nakon sušenja odstranjuju klice te ono daje pivu ekstrakt od kojeg ovise okus, punoća, boja i jačina. Za kakvoću krmnog ječma potreban je što veći sadržaj bjelančevina (12,5 %) te dobra probavljivost i sadržaj pojedinih esencijalnih aminokiselina. Za proizvodnju krme najčešće se koristi jari dvoredni ječam jer posjeduje visoku hranidbenu vrijednost. Ječam se u ishrani stoke koristi samo ili u kombinaciji sa stočnim graškom ili grahoricom, a može se sušiti kao sijeno i silirati (Rastija, 2014). Zrno ječma sadrži proteine (10 - 15%), masti (2 - 2,5 %), celulozu (4,8 - 5,3%) te je bogat vitaminima (vitamini B skupine, A, E i K) i mineralima (kalijem, fosforom, magnezijem, željezom, cinkom i selenom).

Klimatske promjene kao posljedica ljudske aktivnosti ubrzale su se posljednjih nekoliko desetljeća, a na to upućuju podatci o povećanju prosječne godišnje temperature zraka, podizanje razine mora, sve češća sušna razdoblja te povećan intenzitet ekstremnih događaja (toplinski udari, obilne padavine, suše i oluje). Razvoj agrošumarstva dolazi zajedno s razumijevanjem posljedica koje konvencionalna poljoprivreda ostavlja na okoliš, pa možemo reći da je očuvanje okoliša agrošumarstvom moćan alat za obnavljanje degradiranog ekosustava. Razvoj agrošumarskih sustava na poljoprivrednim zemljишima povećava ukupnu količinu mikroba i količinu izdvojenog organskog ugljika u tlu i na taj način pomaže u borbi protiv klimatskih promjena.

Agrošumarstvo je održivi način poljoprivredne proizvodnje koji se sastoji od udruživanja sadnje stabala sa sadnjom usjeva (silvoarable) i/ili uzgojem stoke (silvopastorale) odnosno, to je sustav koji obuhvaća integriranje poljoprivrede i šumarstva. Ono višestruko doprinosi očuvanju okoliša na način da potiče bioraznolikost, smanjuje utjecaj erozije, obogaćuje tlo hranivima, pozitivno utječe na mikroklimu, stvara zaštitu od vjetra i utječe na sekvestraciju ugljika. Koncept konsocijacije pridonosi lakšoj apsorpciji vode i minerala usjevu jer drveće razvojem svog korijenovog sustava stvara povoljne uvjete za to. Konsocijacija trajnih drvenastih kultura s poljoprivrednim usjevima na jednoj proizvodnoj površini direktno utječe na temperaturu, vlagu, insolaciju i mikroklimu što biljkama daje veću otpornost u stresnim uvjetima (npr. suša, poplava). Silvoarabilno šumarstvo je tijekom industrijalizacije doživjelo značajan pad zbog intenziviranja poljoprivrede, komasacije i veće upotrebe mehanizacije. Svjetski porast broja stanovništva u drugoj polovici 20. stoljeća zahtijevao je veću proizvodnju hrane, a samim tim i povećanje prinosa po jedinici površine što je postignuto poboljšanjem agronomске tehnike i sadnog materijala. No unatoč tome posljednjih godina došlo je do stagnacije prinosa što je rezultat klimatskih promjena i ponavlajućih ekstremnih vremenskih događaja (toplinski udari, suša, poplave) te degradacije tla. Zbog toga ponovno dolazi do interesa za ovakve sustave poljoprivredne proizvodnje kao dugoročno rješenje za održivu poljoprivrodu. U konsocijacijskim usjevima moguć je uzgoj svih ratarskih i hortikulturnih kultura iako su najučinkovitiji ozimi usjevi kojima će tijekom perioda mirovanja listopadnih stabala biti dostupna gotova sva insolacija. Za agrošumarstvo najpogodnija su drveća koja se sade u širokim redovima, imaju malu gustoću grana tj. dobar raspored lišća i čiji korijen raste u dubinu. Jedna od takvih vrsta je orah koji se sve češće koristi u konsocijacijskim sustavima.

Orah (*Juglans species*) se uzgaja u različitim klimatskim i zemljjišnim uvjetima, ali najveće prinose daje u toplim i umjerenim područjima (760 – 800 nm) s ravnomjerno raspoređenim godišnjim oborinama, te na dubokim i propusnim ilovastima tlima, pH reakcije je 5,5 – 6,5, te bogatim humusom. Orašasti plodovi imaju visoku nutritivnu vrijednost. Bogati su proteinima, mineralima i vitaminima, a orahovo ulje ima i zdravstvene prednosti. Orasi daju značajniji rod poslije 8 godine. Stoga je cijepljeni orah koji izlučuje male količine juglona pogodan za konsocijacije sa poljoprivrednim kulturama, koje će kroz to razdoblje nadoknaditi nedostatak profitabilnosti.



Slika 1. Ječam u busanju (izvor: [agroinova](#))

Cilj istraživanja je odrediti utjecaj konsocijacijskog sustava oraha i ječma na komponente prinosa i svojstva ječma u voćnjaku starosti 12 godina, te na osnovu rezultata istraživanja ispitati produktivnost takvog sustava

2.PREGLED LITERATURE

2.1. Agrošumarstvo

Silvoarabilno agrošumarstvo je sustav poljoprivredne proizvodnje gdje se poljoprivredni ili hortikulturni usjevi uzgajaju istovremeno na jednoj površini s višegodišnjim nasadom drveća. U sustavu konsocijacije ratarskih kultura i trajnih nasada, stabla se sade u redove između kojih se u međuredove usijavaju poljoprivredni usjevi. Nasade je moguće kombinirati sa brojnim ratarskim ili hortikulturnom kulturama, a najefikasniji su usjevi koji prezimljavaju (ozimi) zbog iskorištavanja gotovo punog osvjetljenja dostupnog tijekom sezone mirovanja listopadnih stabala (Dufour i sur. 2012; Pardon i sur. 2018). Iz tih razloga većina istraživanja u Europi kao međuredni usjev upravo i koriste ozime kulture (Eichhorn et al. 2006). Za nasad stabala se mogu koristiti drva za ogrjev, stabla koja će se koristiti u građevnoj industriji, voće ili orašasti plodovi. Voćke (šljive, jabuke) se mogu koristiti kao komponenta stabla, a od orašastih plodova se najčešće koriste orah, kesten i lješnjak. Sustavi konsocijacije drvenastih vrsta i poljoprivrednih kultura su se počeli istraživati 1970-ih i 1980-ih godina u tropima kako bi se pronašle alternative za dugoročne gubitke konvencionalnog uzgoja. U ovakvim sustavima su uočili potencijal za poboljšanje tla uzgajajući brzorastuće drvenaste kulture i mahunarke.

U današnjim modernim proizvodnim poljoprivrednim sustavima, silvoarabilno agrošumarstvo pripada sustavu koji je ekološki prihvatljivo i ekonomski isplativo. Ovakvi sustavi su također održivi, omogućuju poljoprivrednicima diversifikaciju prihoda te pružaju nove proizvodedrvnoj industriji i stvaraju nove krajolike visoke vrijednosti.

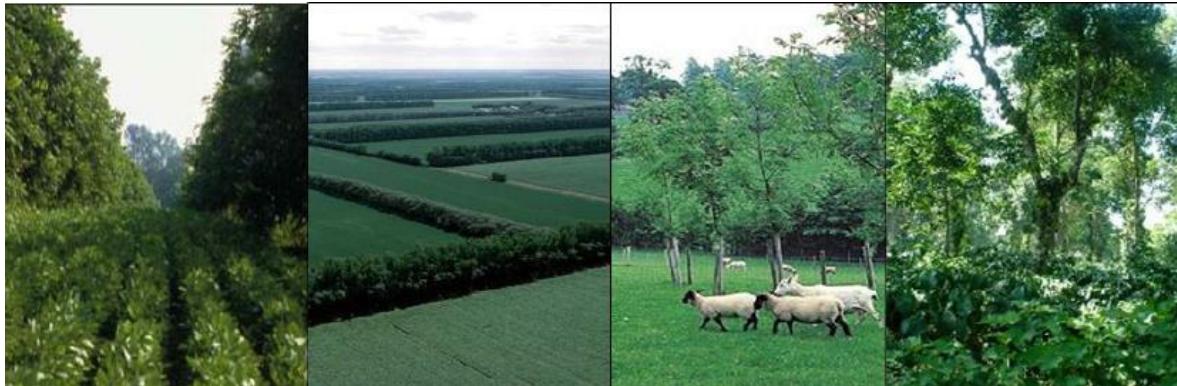
Agrošumarski sustavi imaju potencijala za budućnost jer globalna potražnja za hranom i dalje raste, a povećanje proizvodnje usjeva širenjem obradivih površina na Zemlji nije tako izgledno. Naime, čak 33 % svjetskih resursa tla kojima se upravlja je degradirano, pa je posljedično tome ključna održiva intenzifikacija poljoprivrede koja povećava produktivnost usjeva uz istovremeno smanjenje varijabilnosti prinosa i ograničavanje degradacije tla (Li et al. 2021).



Slika 2. Konsocijacija oraha i ječma na pokusu u Đarkovu (izvor: [agroinova](#))

Kod formiranja samog konsocijacijskog sustava tj. kultura koje će se združeno uzgajati potrebno je poznavati čimbenike koji će imati utjecaja na proizvodnju istih, a to su: vrsta tla, nagib i orientaciju terena, pristup vodi. Iako agrošumarstvo pruža više mogućnosti odabira različitih sustava (silvoarabilno agrošumarsvo, silvopastoralno agrošumarstvo, alley cropping i dr.), međuredna obrada (alley cropping) najbolje integrira stabla s usjevima. Za razliku od zaštitnih pojasa i vjetrobrana sustav uzgoja u međuredovima nije ograničen na rubove polja nego integrira stabla i usjeve u cijelom polju. Najzastupljenije porodice u znanstvenih radova koji su obrađivali ovu ili sličnu tematiku na području umjerene klime bile su *Fabaceae*, *Juglandaceae* i *Salicaceae*. Drveće iz porodice *Juglandaceae* je najčešće zastupljeno stablima oraha (*Juglans spp.*) Drveće oraha u konosocijacijskom sustavu je širih međuredova u odnosu na druge voćnjake te je između njih moguće zasijati međusjev. Drvo oraha je visoke kvalitete kako u industriji tako i sam orašasti plod. Drvoredi iz porodice *Salicaceae* su brzorastuća stabla koja se koriste za uzgoj biomase od koje se prerađom proizvede bioenergije, dok je svrha drvoreda iz porodice *Fabaceae* poboljšanje i regeneracija tla. Stabla porodice *Juglandaceae* se uzgajaju kako bi se diversificirala

poljoprivredna proizvodnja i u isto vrijeme smanjila daljnja degradacija tla. Stoga kao tri glavna poticaja za odabir ovakvih sustava poljoprivredne proizvodnje navodimo: poboljšanje svojstva tla, diversifikacija proizvodnje hrane i proizvodnje energije iz biomase drveća (Ivezić et al. 2022.).



Slika 3. Konsocijacija, vjetrobrani, silvopastoralni sustav i tradicionalna šumska zajednica

(izvor: <https://www.researchgate.net/alley-cropping-windbreaks-silvopastures>)

Istočni dio Hrvatske, često se naziva žitnicom Hrvatske, kroz stoljeća se polagano pretvorio iz šumskog u poljoprivredno zemljište. Drveće, kao i živice koje su bile svojevrsne barijere i zaštite od jakih udara vjetra između parcela, uklonjeno je radi privođenja poljoprivrednim kulturama. 1960-ih godina Šumarski institut pokrenuo je istraživanje brzo rastućih topola između kojih su se uzgajali međuuusjevi. Tada je glavna svrha usjeva između topola bila uzgoj hrane za divljač u lovištima. Takav uzgoj bio je održiv prvih nekoliko godina. Nakon četvrte godine prinosi su se značajno snizili radi efekta sjene i izostanka mineralne gnojidbe. Danas se, kako diljem svijeta, tako i na području Republike Hrvatske javlja sve veći interes za bavljenjem održivom poljoprivredom. U Hrvatskoj je 2019. godine u Narodnim novinama (NN 16/2019) izašla uredba u kojoj je uspostavadrvoreda uključena u zelena plaćanja (subvencije), što takav sustav poljoprivredne proizvodnje čini atraktivnijim poljoprivrednicima. Zasad se još uvijek vrlo mali broj poljoprivrednika odlučuje za ovakav sustav proizvodnje. Na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti u Osijeku uz ovaj, financiran od strane Hrvatske zaklade za znanost, provodi se još jedan projekt u kojem se istražuje mogućnost i prednosti uspostavedrvorednog sustava vrbe, topole i bagrema udrvoredu

širine 24 m. Ovi i slični projekti imaju cilj edukacije poljoprivrednika o produktivnosti agrošumarskih sustava te poticaj da se i sami odluče za prakticiranje nekog od njegovih oblika.

2.2. Ječam (*Hordeum vulgare*)

Iako izgledom sličan pšenici, ječam ima svoje specifičnosti, a najuočljivija je ona u klasu. Počevši od korijena koji je nešto slabije razvijen nego kod ostalih žitarica te je posljedično njegova moć upijanja manja, za uzgoj su mu potrebna plodnija tla. Nadalje, ječam jače busa od ostalih biljaka iz porodice *Poaceae*. Stvara i do 5 sekundarnih vlati pa je potrebna manja količina sjemena za sjetvu (450-500 klijavih sjemenki za ozimi ječam). Stabljika ječma je nježnija i sklonija polijeganju (do 80 cm) to je naročito važno kod planiranja prihrane dušikom. Listovi su sivozelene boje od voštanog sloja, a prvi su nešto širi i položeniji prema tlu. Klas ječma na svakom članku klasnog vretena ima tri jednocrvjetna klasića, od kojih je samo jedan, sva tri ili jedan do tri plodna. Klasići su postavljeni jedan iznad drugog. Kod višerednog ječma razvijena su sva tri klasića, pa sa svake strane klasa postoje tri odnosno šest red redova zrna dok je kod dvorednog ječma samo jedan potpuno razvijen klasić sa svake strane. Većina ječmova ima dugo i nazubljeno osje, a pljevice su obično srasle sa zrnom koje je zaobljeno s leđne strane. Ječam je samooplodna biljka koja cvjeta u zatvorenom cvijetu, pa do oplodnje dolazi prije punog klasanja i prije nego se iz pljevica pojave prašnici. Apsolutna masa višerednog ječma je 30-50 g, a hektolotarska 60-70 kg, dok zrno dvorednog ječma ima veće vrijednosti.

Prema morfološkim i fiziološkim svojstvima ječam ima tri ekološke skupine: *tenerum* (sjeverna ekološka skupina), *rigidum* (južna) i *medium* (prijelazna ekološka skupina). Ječam (ozimi i jari) koji se užgaja na našem području priprada *medium* ekološkoj skupini koja se užgaja u uvjetima umjerene insolacije, a struktura mu je prijelaznog karaktera koji zahtjeva umjerenu klimu bez naglih kolebanja i s ravnomjernim rasporedom oborina kroz godinu (Rastija, 2014).



Slika 4. Zrno ječma (izvor: www.poljinos.hr)

Prinos ječma može se procijeniti na osnovi broja biljaka po jedinici površine, broju zrna i mase 1000 zrna. Za procjenu je potrebno uzorkovati biljke s kontrolnih parcela čiji broj ovisi o veličini polja pod usjevom i ujednačenosti biljaka. Komponente prinosa određuju se analizom biljaka s kontrolnih parcela. Dobiveni podatci omogućuju analizu primjenjenih agrotehničkih mjera (sjetvena doza, gnojidba, korekcije u njezi usjeva i dr.) i poboljšanje tehnologije proizvodnje. Stvarni prinos ječma određuje se vaganjem zrna s cijele površine te se prinos preračuna na standardnu vlagu i nečistoće. U znanstvenim istraživanjima, kao i u ovome, prinos, komponente prinosa i druga svojstva utvrđuju se poljskim putem. Površina osnovne parcele u pokusu ovisi o vrsti pokusa, značajkama tla, biljnoj vrsti, mehanizaciji, radnoj snazi te metodi postavljanja pokusa. Makropokusi iziskuju znatno veće površine osnovnih parcela od uobičajenih agrotehničkih mikropokusa. Na takvim pokusima prinos se određuje na obračunskoj parcelli (osnovna parcella umanjena za rubne redove). Komponente prinosa ječma su: broj klasova po jedinici površine (m^2), broj zrna u klasu i masa 1000 zrna. Uz komponente prinosa, visina prinosa ovisi i o drugim svojstvima kao što su visina biljke, dužina klase, ukupnom broju klasića u klasi, broju neplodnih klasića i masi zrna u klasi. Da bi rezultati i svojstva bili što točniji prinos se analizira na najmanje 100 biljaka, a rezultat je srednja vrijednost promatranih svojstava. Na prosječnom uzorku zrna

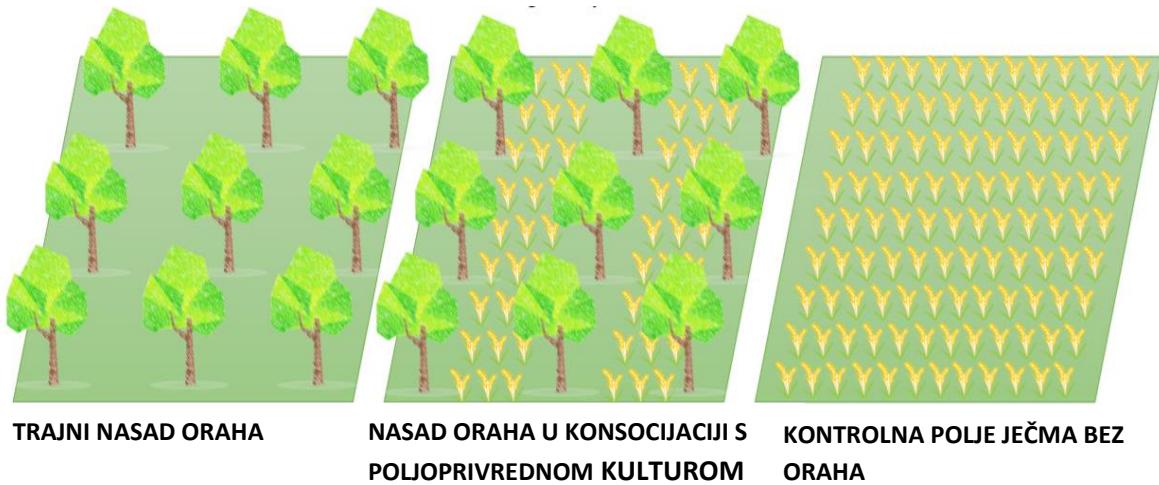
određuje se hektolitarska masa, masa 1000 zrna, vлага zrna i nečistoće. Konačna visina prinosa se preračuna u kg/ha na bazi 13% vlage i 2% nečistoća (Pospišil, 2013.).

3. MATERIJALI I METODE

3.1. Lokaliteti pokusa

U sklopu projekta Hrvatske zaklade za znanost „*Konsocijacija drvenastih vrsta i poljoprivrednih kultura kao inovativni pristup u agroekosustavima*“ (UIP-2017-05-7103) postavljen je pokus na dvije lokacije.

Pokus je postavljen u istočnoj Slavoniji, točnije u Đakovu gdje se nalazi voćnjak starosti 12 godina. Na lokaciji su napravljene 3 parcele koje se sastoje od: kontrolne parcele ječma bez oraha, voćnjaka oraha sa međuredno usijanim ječmom i voćnjaka oraha bez međuredno usijanog ječma. Razmak između redova oraha 8 metara a usijani dio je 6 m. Ječam je posijan u listopadu 2019. godine sa žitnom sijačicom u trake širine 6 metara. Usijan je između prvih pet redova oraha koji daju i do 50% niže prinose oraha.



Slika 5. Shema konsocijacijskog pokusa

3.2. Agrokemijske analize tla

3.2.1. pH

pH vrijednost reakcije tla predstavlja negativni dekadski logaritam koncentracije, odnosno aktiviteta, vodikovih iona. Rezultati pH reakcije tla daju uvid u niz agrokemijskih svojstava tla koji su važni za ishranu bilja. pH se određuje u vodi i otopini KCl. Postupak je proveden tako da se 10 grama tla prelije sa 25 ml destiliranje vode odnosno 1 M otopine KCl i dobro izmiješa. Nakon 30 minuta izmjerena je pH vrijednost u suspenziji tla s pH metrom. Analiza tla uzorkovanog na pokusu u Đakovu pokazuje da se pH reakcija tla kreće od blago kisele do neutralne.

3.2.2. Hidrolitička kiselost (H_y)

Hidrolitička kiselost utvrđuje se pri neutralizaciji tla s više baznim solima pri čemu se vodikovi ioni ne zamjenjuju kod iste pH vrijednosti sredine. Jedan dio ove kiselosti aktiviraju neutralne soli (KCL), a drugi dio soli kao što su natrijev acetat ili kalcijev acetat koje će na adsorpcijskom kompleksu zamijeniti većinu vodikovih i aluminijevih iona. Određivanje hidrolitičke kiselosti u poljoprivredi se najviše koristi zbog utvrđivanja potreba za kalcizacijom (Vukadinović i Vukadinović, 2016). Postupak određivanja hidrolitičke kiselosti provodi se tako da 20 grama zrakosuhog tla prelije sa 50 ml 1M CH_3COONa te se mućka na rotacijskoj mućkalici jedan sat i filtrira. Zatim se otpipetira 10-25 ml filtrata, ugrije do vrenja kako bi se uklonio CO_2 te dodaju 1 do 2 kapi fenolftaleina. Potom se vruća otopina titrira s 0,1 M NaOH do pojave crvenkaste boje. Hidrolitička kiselost na pokusima u Đakovu kretala se od 1,84 do 5, 82.

3.2.3. Lakopristupačni fosfor i kalij

Pomoću AL metode se određuje oblik pristupačnosti fosfora i kalija u tlu. Metodu čini ekstrakcija navedenih makroelemenata pufernog otopinom amon-laktata (ph = 3,75). Od zrakosuhog uzorka izvaže se 5 grama tla i prenese u plastične boce u koje se potom ulije 100 ml ekstrakcijske AL otopine i izmućka na mućkalici pri sobnoj 20 °C brzinom 30 do 40 okretaja u minutu, u periodu od 2 do 4 sata. Fosfor se određuje tzv. plavom metodom, dok se emisijskom tehnikom direktno iz ekstrakta tla određuje pristupačnost kalija određuje

direktno iz ekstrakta. Ova metoda se obavlja na uređaju koji se zove atomski apsorpcijski spektrometar (AAS). Rezultati AL metode prikazuju koncentracije biljkama pristupačnog fosfora i kalija.

3.2.4. Humus

„Humus je proizvod žive tvari i njen prirodni izvor, humus je rezerva i stabilizator organskog života na Zemlji“ (Waksman, 1938). Metoda se vrši tako da se iz uzorka tla bikromatnom metodom tzv. mokrim spaljivanjem određuje sadržaj organske tvari u tlu. U čašu od 300 ml odvaže se 1 gram zrakosuhog uzorka tla i prelije sa 30 ml 0,33 M $K_2Cr_3O_7$ i 20 ml koncentrirane sulfatne kiseline (H_2SO_4). Dobivena smjesa premješta se u sušionik na 90 minuta, pri 98-100 °C. Nakon završenog procesa čaše se iznose iz sušionika i ohlade te se u svaku od njih doda 80 ml destilirane vode. Idućeg dana tj. nakon 24 sata se vrši spektrofotometrijsko mjerjenje na 585 nm u kivetama (ISO, 1998). Rezultati uzorka na pokusu u Đakovu pokazuju da je tlo slabo do dobro opskrbljeno organskom tvari.

3.3. Analiza biljnog materijala

Uzroci ječma prikupljeni su žetvom s pokusnog polja u Đakovu. Sušeni su u laboratoriju na 105 °C oko sat vremena da bi se prekinula enzimatska aktivnost, a potom su se nastavili sušiti na temperaturi 60 °C dok se nisu potpuno osušili. Potpuno suhi uzorci uvedeni su u knjigu biljnog materijala s pripadajućim laboratorijskim brojem. Uzorci su samljeveni i pripremljeni za daljnje analize na mlinu (IKA Werke, MF 10 basic).



Slika 6. Mlin za mljevenje uzorka ječma (Izvor: autor)

3.3.1. Razaranje biljnog materijala mokrim postupkom

Biljna tvar je razorena na bloku za razaranje (Buchi K – 437) smjesom kiselina koja se sastoji od koncentrirane sulfatne kiseline (96 % H_2SO_4) i 4 % perklorne kiseline na sljedeći način: na analitičkoj vagi odvagano je 1 g uzorka biljnog materijala i premješteno u kivetu za razaranje te dodano 5 ml smjese kiseline i 2-4 ml peroksida. Tako pripremljen uzorak stajao je 24 sata te je zatim razoren na bloku za razaranje na temperaturi 350-400 °C. Nakon 15-30 minuta bistri uzorci su profiltrirani u tikvice od 50 ml i nadopunjeni do oznake sa destiliranom vodom. Iz tako pripremljenih uzoraka na ICP-OES-u su određeni elementi P, K, Cu, Fe, Mn i Zn dok je N određen destilacijskom Kjeldahl metodom.



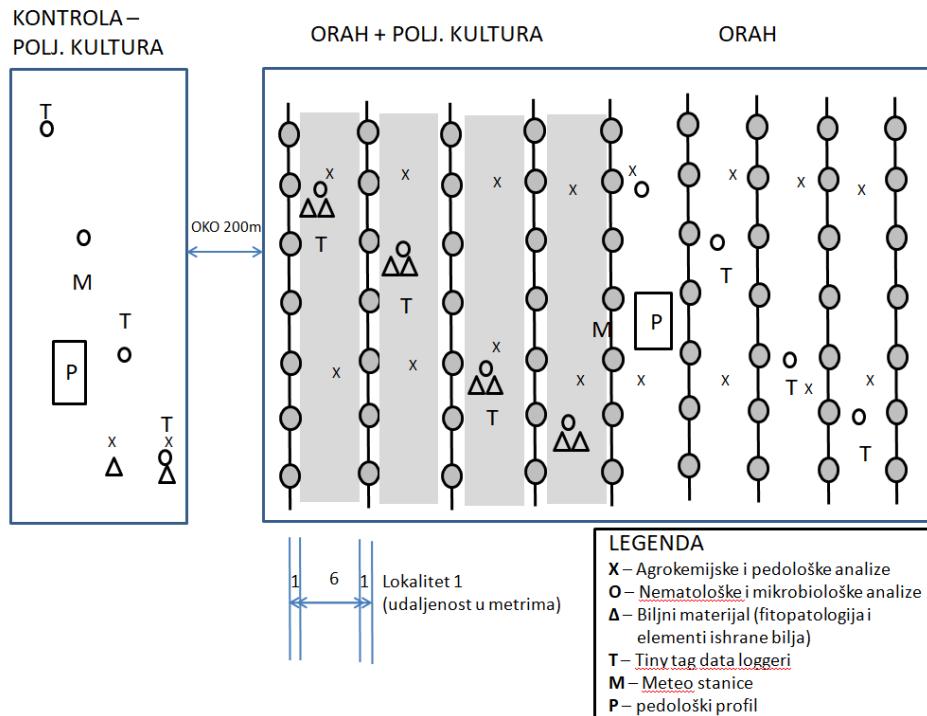
Slika 7. Razaranje biljne tvari na bloku za razaranje (Izvor: autor)



Slika 8. Destilacija dušika po Kjeldahlu (izvor: autor)

3.3.2. Određivanje prinosa i komponenti prinosa

Prinos ječma je određen metodom slučajnih kvadrata, gdje se kvadratni okvir ($1/2 \text{ m}^2$) polaže na tlo i označi površinu koju treba uzorkovati. Prilikom žetve odabrano je 10 lokacija uzorkovanja, dvije lokacije je na kontroli i osam okacija u konsocijaciji. Na odabranu lokaciju postavljen je metalni okvir ($1/2 \text{ m}^2$) unutar kojeg je prebrojan broj jedinki ječma, te je izračunat prinos. Također određene su komponente prinosa (masa biljke i klase, dužina stabljike i klase, broj fertilnih i sterilnih klasica te broj i masa zrna) na osnovu 20 izdvojenih biljaka iz uzorka.



Slika 9. Shema pokusa u Đakovu (izvor: [agroinova](#))

3.3.3. Određivanje prinosa oraha

Prinos oraha se odredio za svaki red posebno vaganjem zelenog oraha u ljusci u rano ljeto. Podaci prinosa oraha za voćnjak i kosocijaciju kasnije su korišteni za izračun LER-a, a posebne elementarne analize oraha nisu rađene.

3.4. Određivanje insolacije

Tijekom cijele godine na pokusu je praćeno sunčev zračenje u više navrata (travanj, lipanj, srpanj, rujan, listopad) u sjeni krošnje oraha i na sredini međurednog razmaka tijekom vedrih dana. Sunčev zračenje mjereno je luksmetrom SO 200K koji ima mogućnost trenutnog ispisivanja osvjetljenja od 0,1 do 200000 luksa na svom zaslonu. Također, tijekom vegetacije obavljeno je mjerjenje širine krošnje oraha. Izmjerene su i zabilježene dužine najdužih i najkraćih međusobno okomitih grana. Mjerjenje širine krošnje obavljeno na početku i na kraju vegetacije oraha (travanj i studeni) te su iz dobivenih rezultata izvučene srednje vrijednosti.

3.5. Temperatura i vлага unutar usjeva

Za određivanje temp i vlage korišteni su Tiny tag uređaji koji su mjerili temp i vlagu svakih sat vremena u kontinuitetu tijekom cijele vegetacije ječma.

3.6. Produktivnost površine (*LER – land equivalent ratio*)

Prema Ong & Kho (2015.) omjer ekvivalentne vrijednosti zemljišta predstavlja omjer proizvodne površine pod monokulturom i površine pod međuusjevom koja je potrebna za dobivanje jednakih prinosa na istoj razini upravljanja.

$$LER = \frac{PRINOS ORAHA U KONSOCIJACIJI}{PRINOS ORAHA U MONOKULTURI} + \frac{PRINOS JEČMA U KONSOCIJACIJI}{PRINOS JEČMA U MONOKULTURI}$$

LER je procijenjen iz prinosa ječma i oraha kao odnos prinosa drveća iz konsocijacijskog sustava u prinosu stabla monokulture plus omjer prinosa ječma iz konsocijacijskog sustava u prinosu monokulture usjeva kao što je prikazano u jednadžbi. Kada LER iznosi ≤ 1 , nema agronomске prednosti zasijavanja međuusjeva u odnosu na monokulturu, ali kada je $LER > 1$, proizvodnja u konsocijacijskom sustavu je veće nego u zasebnim monokulturama.

4. REZULTATI

Obrada podataka za promatrane parametre: osnovna svojstva tla, prinos, komponente prinosa, elementarna svojstva ječma, temperaturu i vlagu unutar vegetacije pokazala je da postoje određene statistički značajne razlike konsocijacijskog sustava, voćnjaka i kontrole na kojoj je bio usijan ječam. Kemijska analiza tla pokazala je da postoje statistički značajne razlike u raspoloživosti osnovnih elemenata za ishranu bilja (N, P i K). Svaki od ova tri elementa imao je veću koncentraciju u konsocijacijskom sustavu nego li na kontrolnom polju. Također, koncentracija bakra i mangana je bila statistički značajna tj. veća u konsocijaciji nego na kontrolnom polju ječma (Tablica 1).



Slika 10. Žetva ječma na pokusu u Đakovu (izvor: [agroinova](#))

4.1. Osnovna svojstva tla

Kemijska analiza tla pokazala je da nije bilo statistički značajne razlike u svim promatranim svojstvima osim u koncentracijama Cu, Fe i Zn. Ova tri mikroelementa imala su značajnije veće koncentracije u konsocijacijskom sustavu nego u voćnjaku i kontrolnom usjevu ječma (Tablica 1).

Tablica 1. Osnovna svojstva tla na pokusu Đakovo

| | tretman | N | prosjek |
|---|----------|---|----------------------|
| pHH ₂ O | KONS | 8 | 6,24 ^{ns} |
| | kontrola | 2 | 5,78 ^{ns} |
| | voćnjak | 8 | 6,07 ^{ns} |
| pHKCl | KONS | 8 | 5,19 ^{ns} |
| | kontrola | 2 | 4,67 ^{ns} |
| | voćnjak | 8 | 4,81 ^{ns} |
| humus % | KONS | 8 | 2,49 ^{ns} |
| | kontrola | 2 | 1,74 ^{ns} |
| | voćnjak | 8 | 2,52 ^{ns} |
| P ₂ O ₅ - AL mg/100g | KONS | 8 | 7,85 ^{ns} |
| | kontrola | 2 | 12,86 ^{ns} |
| | voćnjak | 8 | 9,59 ^{ns} |
| K ₂ O - AL mg/100g | KONS | 8 | 14,18 ^{ns} |
| | kontrola | 2 | 11,15 ^{ns} |
| | voćnjak | 8 | 26,48 ^{ns} |
| Hy cmol ⁺ /kg ⁻¹ | KONS | 8 | 3,19 ^{ns} |
| | kontrola | 2 | 3,85 ^{ns} |
| | voćnjak | 8 | 3,49 ^{ns} |
| Cu (mg/kg) | KONS | 8 | 18,32 ^a |
| | kontrola | 2 | 12,6 ^b |
| | voćnjak | 8 | 16,14 ^c |
| Fe (mg/kg) | KONS | 8 | 33669 |
| | kontrola | 2 | 21725 ^a |
| | voćnjak | 8 | 30251 ^b |
| Mn (mg/kg) | KONS | 8 | 747,7 ^{ns} |
| | kontrola | 2 | 701,8 ^{ns} |
| | voćnjak | 8 | 775,27 ^{ns} |
| Zn (mg/kg) | KONS | 8 | 78,09 |
| | kontrola | 2 | 57,78 ^{ab} |
| | voćnjak | 8 | 72,24 ^b |

n - broj uzoraka, ns - nije statistički značajno, a, b i c predstavljaju značajnu statističku razliku između konsocijacije, kontrolnog polja i voćnjaka

4.2. Komponente prinosa

Od komponenti prinosa, dužina klasa (cm), broj fertilnih klasića i masa 1000 zrna (g) pokazale su statistički značajnu razliku na kontrolnom polju u odnosu na konsocijaciju. Ova tri promatrana parametra imala su niže vrijednosti na kontrolnom polju ječma nego u konsocijaciji oraha i ječma. Prinos ječma nije pokazao statistički značajne razlike između konsocijacije i kontrole (oranice) no udio mikro i makro elemenata (N, P, K, Cu i Fe) je bio statistički značajno veći u zrnu ječma iz konsocijacije sugerirajući bolju kvalitetu zrna (Tablica 2). Jedino je udio Mn bio veći u kontroli u odnosu na konsocijaciju.

Tablica 2. Prinos, komponente prinosa i elementarna svojstva zrna ječma

| | Tretman | N | Mean | Max |
|-----------------------------|----------|----|---------------------|--------|
| Prinos | KONS | 16 | 7,21 ^{ns} | 10,28 |
| | Kontrola | 4 | 7,66 ^{ns} | 8,02 |
| br. biljaka 1m ² | KONS | 16 | 681 ^{ns} | 916 |
| | Kontrola | 4 | 763 ^{ns} | 816 |
| dužina stabljike (cm) | KONS | 8 | 60,74 ^{ns} | 67,45 |
| | Kontrola | 4 | 60,25 ^{ns} | 61,8 |
| dužina klasa (cm) | KONS | 8 | 7,62 ^a | 8,77 |
| | Kontrola | 4 | 6,59 ^b | 6,98 |
| broj F klasića | KONS | 8 | 20.844 ^a | 23.250 |
| | Kontrola | 4 | 18.913 ^b | 19.800 |
| masa 1000 zrna (g) | KONS | 8 | 64.03 ^a | 69.25 |
| | Kontrola | 4 | 53.87 ^b | 55.12 |
| N % | KONS | 16 | 1.063 ^a | 1,37 |
| | Kontrola | 4 | 0,75 ^b | 0,82 |
| P (mg/kg) | KONS | 16 | 3318,3 ^a | 3542 |
| | Kontrola | 4 | 2907 ^b | 3199 |
| K (mg/kg) | KONS | 16 | 5395,4 ^a | 5820,5 |
| | Kontrola | 4 | 4807 ^b | 5138 |
| Cu (mg/kg) | KONS | 16 | 4,44 ^a | 5,39 |
| | Kontrola | 4 | 3,41 ^b | 3,63 |
| Fe (mg/kg) | KONS | 16 | 46,17 ^a | 109,3 |
| | Kontrola | 4 | 35,1 ^b | 59,58 |
| Mn (mg/kg) | KONS | 16 | 9,33 ^a | 10,72 |
| | Kontrola | 4 | 11,53 ^b | 12,54 |
| Zn (mg/kg) | KONS | 16 | 28,81 ^{ns} | 53,45 |
| | Kontrola | 4 | 24,3 ^{ns} | 27,41 |

n - broj uzoraka, ns - nije statistički značajno, a, b i c predstavljaju značajnu statističku razliku između konsocijacije, kontrolnog polja i voćnjaka

Tablica 3. Temperatura i vлага

| TEMPERATURA | | | | VLAGA | | | |
|-----------------|----------|-----|----------|-----------------|----------|-----|--------------------|
| | tretman | n | Prosjek | | tretman | n | Prosjek |
| PROSINAC | KONS | 273 | 3,82 ns | PROSINAC | KONS | 273 | 71,69 ^a |
| | Kontrola | 273 | 3,96 ns | | Kontrola | 250 | 70,62 ^b |
| | Voćnjak | 273 | 3,76 ns | | Voćnjak | 231 | 80,26 ^b |
| SIJEČANJ | KONS | 744 | -0,06 ns | SIJEČANJ | KONS | 744 | 67,49 ^a |
| | Kontrola | 744 | 0,11 ns | | Kontrola | 300 | 73,45 ^b |
| | Voćnjak | 744 | -0,03 ns | | Voćnjak | 319 | 80,41 ^c |
| VELJAČA | KONS | 696 | 6,23 ns | VELJAČA | KONS | 696 | 72,64 ^a |
| | Kontrola | 696 | 6,28 ns | | Kontrola | 583 | 69,4 ^b |
| | Voćnjak | 696 | 6,17 ns | | Voćnjak | 468 | 70,28 ^b |
| OŽUJAK | KONS | 744 | 7,69 ns | OŽUJAK | KONS | 744 | 75,4 ^a |
| | Kontrola | 744 | 7,71 ns | | Kontrola | 585 | 67,47 ^b |
| | Voćnjak | 744 | 7,61 ns | | Voćnjak | 468 | 68,42 ^b |
| TRAVANJ | KONS | 720 | 12,82 ns | TRAVANJ | KONS | 717 | 67,51 ^a |
| | Kontrola | 720 | 12,78 ns | | Kontrola | 571 | 60,02 ^b |
| | Voćnjak | 720 | 12,66 ns | | Voćnjak | 499 | 60,73 ^b |
| SVIBANJ | KONS | 744 | 16,63 ns | SVIBANJ | KONS | 617 | 75,88 ^a |
| | Kontrola | 744 | 16,25 ns | | Kontrola | 462 | 65,38 ^b |
| | Voćnjak | 744 | 15,98 ns | | Voćnjak | 420 | 65,03 ^b |
| LIPANJ | KONS | 465 | 21,5 ns | LIPANJ | KONS | 305 | 64,99 ^a |
| | Kontrola | 465 | 21,48 ns | | Kontrola | 294 | 61,83 ^a |
| | Voćnjak | 465 | 20,72 ns | | Voćnjak | 290 | 53,62 ^b |

n - broj uzoraka, ns - nije statistički značajno, a, b i c predstavljaju značajnu statističku razliku između konsocijacije, kontrolnog polja i voćnjaka

Iznos temperatura po mjesecima kroz vegetaciju nije pokazao statistički značajnu razliku unutar konsocijacije oraha i ječma u odnosu na temperature na kontrolnom polju.

Za razliku od temperature koja je bila približno jednakog iznosa na konsocijaciji i kontroli, vлага je pokazala statistički značajne razlike u svakom od promatranih mjeseci (Tablica 3). U prosincu i siječnju vлага je bila najviša u voćnjaku, a kako su se izmjenjivali mjeseci postotak vlage je imao najveći iznos u konsocijaciji.

Mjerenje insolacije u sjeni u odnosu na mjerenje na direktnom se kretalo od 85 % tijekom ožujka i travnja, 12 % tijekom svibnja te 5 % tijekom srpnja. Što je doprinijelo manjim oscilacijama u temperaturi i vlazi unutar konsocijacije.

4.3. LER (*Land equivalent ratio*)

Prinos ječma na kontrolnoj parcelli u monokulturi iznosio je $7,52 \text{ t ha}^{-1}$, a u konsocijacijskom voćnjaku $7,21 \text{ t ha}^{-1}$. Međutim, budući da je samo 75% površine u konsocijacijskom voćnjaku (6 od 8 m) bilo pokriveno ječmom (ostalih 25% su redovi oraha), stvarni prinos ječma u konsocijaciji iznosio je $5,41 \text{ t ha}^{-1}$. Zbroj relativnih konsocijacijskih prinosa za orah i ječam dao je LER vrijednost od 1,53 (Jednadžba 2.), što znači da je udruženim usjevom oraha i ječma povećana produktivnost te površine za 53% u odnosu na monokulturne sustave.

$$\text{Jednadžba 2. } LER = \frac{2136 \text{ kg/ha}}{2625 \text{ kg/ha}} + \frac{5.41 \text{ t/ha}}{7.52 \text{ t/ha}} = 0.81 + 0.72 = 1.53$$

5. RASPRAVA

Kroz brojne znanstvene rade proučavani su odnosi između različitih stabala i poljoprivrednih usjeva. Kroz njih se uglavnom pokazalo da konsocijacije stabala i ozimih usjeva daju najbolje rezultate, tj. u najvećoj mjeri su umanjeni negativni ograničavajući utjecaji jednog usjeva na drugi. U prvim godinama, dok je nasad oraha još mlad, moguće je u plodored sa ozimim žitaricama kombinirati kukuruz. Međutim kako stabla sazrijevaju kukuruz bi trebalo izostavljati (djelomično i zbog nekompatibilnosti s berbom orašastih plodova u rujnu), te birati usjeve s kratkim životnim ciklusom (npr. soja, povrće ili cvijeće).

U ovom istraživanju, na pokusu u Đakovu uočene su značajno više koncentracije N, P, K te Cu, Fe i Mn u konsocijaciji oraha i ječma nego na kontrolnom polju gdje je zasijan ječam. Naše istraživanje je pokazalo da prinos ječma (t/usijanoj površini) u konsocijaciji nije statistički značajno drugačiji u odnosu na kontrolno polje no iz rezultata je vidljivo da je kvaliteta zrna u konsocijaciji (sadržaj hranjivih tvari, količina proteina) bolja nego na kontroli. Pardon P. (2018.) u svom istraživanju, u kojoj je promatrao utjecaj drvoreda na usjeve, tlo i bioraznolikost, navodi da je u blizini redova topola uočena viša koncentracija N, K i Na što povezuje s veličinom stabala, tj. pretpostavlja da je to rezultat unosa ugljika i hranjivih tvari u površinski sloj tla kroz stelju drveća (posebno lišća). Također dolazi do zaključka da su veličina stabla, vrsta usjeva i udaljenost od stabla glavne odrednice prinosa i kvalitete usjeva koje se uzgajaju u konsocijacijama. U razdoblju od 2015. do 2017. godine na 16 oranica agrošumarskih polja u Belgiji Pardon i sur. (2018.) procijenili su prinose silažnog kukuruza, krumpira, ozime pšenice i ozimog ječma. U mladim nasadima (2 - 7 godina) relativni prinosi su se kretali od 79 do 84 %, u nasadima sa stablima srednje dobi (15 - 25 godina) 76 do 99 % te u nasadima sa starijim stablima (30 - 48 godina) od 57 do 91 %. Kod C4 biljaka (kukuruz i krumpir) uočen je značajan pad prinosa, dok su ozimi prinosi ječma i pšenice bili gotovo bez utjecaja što može ukazivati na važnost svjetlosnog ograničenja ovisnog o vrsti.

Lopes i sur., 2004. u svom istraživanju navode voden stres i dostupnost N kao glavna ograničenja za prinos ječma (*Hordeum vulgare L.*). U našem istraživanju vidimo da je vлага bila statistički značajno viša u konsocijaciji ječma i oraha tijekom ključnih mjeseci za formiranje prinosa ječma (od veljače do lipnja). Također, Eichorn i sur., 2004. u svom radu govore da je svjetlost, općenito u sjevernim poljoprivrednim sustavima Europe, ograničavajući čimbenik, dok je na Mediteranu to ograničenost vodom. Zbog toga su

mješoviti sustavi poljoprivrede prilika za europski ruralni razvoj te imaju potencijala pridonijeti povećanju održivosti poljoprivrede i bioraznolikosti uz očuvanje i stvaranje kulturno i estetski ugodnog krajolika.

U sklopu projekta „AGFORWARD“ provedeno je istraživanje na temu „*Cereal crops within walnut plantation in Mediteran Spain*“ u kojem između ostaloga autori zaključuju da je kao posljedica nadmetanja stabala i usjeva za vodu i hranjive tvari došlo do usporavanja rasta promjera stabala koji rastu u konsocijacijskom sustavu u usporedbi s nasadom u voćnjaku.

López-Bellido, 1992. ističe prednost ječma u konsocijacijama naspram drugih žitarica zbog njegovog bržeg završetka vegetacije. Naime ječam se ne mora s orasima „natjecati“ za vodu jer kada se orah nalazi u fazi razvoja listova, ječam je u naprednijoj fazi punjenja zrna. Nadalje, kada se nalazi u fazi zrenja ječam ekonomičnije iskorištava vodu od pšenice zbog čega bolje podnosi sušu i toplinske udare. Arenas-Coraliza i sur., 2018. u svom istraživanju navode da je ječam u konsocijaciji s orasima imao veći prinos nego u monokulturi u godinama kada su toplinski udari zabilježeni već u prvom dijelu dana.

Arenas-Coraliza i sur., 2018. u svom istraživanju „*Winter ceral production in Mediterranean silvoarable walnut system in the face of climate change*“ zaključuju da konsocijacije ozimih usjeva i oraha mogu povećati prinos zrna i LER u odnosu na monokulture i čiste plantaže kroz razdoblje klimatskih promjena u kojima se nalazimo. Štoviše, u vrlo produktivnim godinama, bez klimatskih ograničenja, prinosi žitarica su značajno smanjeni zbog natjecanja s drvećem u sustavu. Nasuprot tome, u godinama s vrućom i suhom klimom koje su ograničavale sazrijevanje i prinos žitarica, stabla su djelovala kao sklonište i zaštita usjevima. To je utjecalo pozitivno na prinos i kvalitetu ječma. Nadalje, u ovom istraživanju, u uvjetima mediteranske klime pokazao se negativan utjecaj usjeva na rast stabala zbog kompetitivne uporabe kalija između drvećem oraha i biljkama žitarica. Stoga taj podatak treba uzeti u obzir pri izradi posebnog plana gnojidbe silvoarabilnih sustava oraha i žitarica.

Međukulturni voćnjak oraha i ozimog ječma u Đakovu imao je omjer ekvivalenta zemljišta veći od 1 ($LER=1.53$), što ukazuje da je silvoarabilan proizvodni sustav u ovom slučaju produktivniji od tradicionalnog ratarstva te da bi se njegova implementacija u konvencionalnu proizvodnju na našim područjima trebala dogodati češće. Nadalje, veća količina hranjivih tvari (osobito N) u zrnu ječma koji je uzbijan između redova oraha rezultat je zasjene usjeva ječma krošnjom oraha, što je za posljedicu imalo remobilizaciju dušika

akumuliranog u biljci i njegovu translokaciju do zrna, pa je i koncentracija proteina u zrnu ječma bila veća.

Što se tiče sunčevog zračenja zbog nagiba i strukture lišća ječma omogućeno mu je veće presretanje sunčevog zračenja (Muurinen i Peltonen- Sainio, 2006) što također utječe lakše provođenje procesa fotosinteze i formiranje prinosa. Uz to struktura krošnje i vrijeme prolistavanja bitno utječu na svjetlosne uvjete podloge kao i na postupke gospodarenja (raspored i orijentacija drvoreda, rezidba). U središnjoj Švicarskoj su Vaccaro i sur. (2022.) istražili učinke različitih tretmana svjetlosti, vode i hranjivih tvari na proizvodnju usjeva. Na dva agrošumarska sustava uzgajan je ječam (*Horedum vulgare L.*) ispod zasjene od 90 %, 40 % i 0 % sa ili bez navodnjavanja i gnojidbe. Prinos ječma ispod 90 % zasjene je bio 26 % manji, dok pod umjerenom sjenom (40 %) nije bio značajan. Gnojidba i navodnjavanje povećali su prinos za 13 %, dok je pojedinačna masa sjemena značajno povećana gnojidbom sa 0,041 g na 0,048 g, a broj zrna se povećao sa 36 na 61. Ovo istraživanje pokazalo je da umjерeno zasjenjivanje nije bilo glavni ograničavajući čimbenik za formiranje prinosa, te da se odgovarajućim upravljanjem ostalim resursima u kombinaciji s odabirom pogodnog usjeva ostvario željeni prinos. Na razini pojedinačnih biljaka gnojidba je značajno povećala masu zrna, ukupan broj zrna i visinu biljke, dok obrnuti trend zbog sjene nije bio značajan. U našem istraživanju se također pokazalo da zasjena od oko 90% u svibnju i lipnju nije utjecala na prinos/usijanoj površini.

Prema Khou (2000.) koristi od prinosa agrošumarskih sustava postoje uglavnom na tlima s nedostatkom hranjivih tvari i nedostatkom oborina. Međutim omjer ekvivalentne vrijednosti zemljišta (LER) dokazuje isplativost ovakvog sustava gospodarenja. U južnoj Francuskoj gdje su istraživanje proveli Lovell i sur. (2017.) LER je iznosio od 1.3 do 1.6, u Švicarskoj (Sereke i sur. 2015.) između 0.95 i 1.3 te na pokusu u Đakovu (Ivezić i sur. 2020.) 1.53.

Rami Cardianel i sur. (2014) istražili su ukorjenjivanje stabala oraha u konosocijacijsi sa ozimim usjevima na mediteranskom području. Točnije cilj je bio usporediti raspodjelu finog korijenja oraha (promjera \leq 2 mm) u agrošumarskim sustavima i u monokulturi. Pokus je proveden u Francuskoj gdje je u sedamnaestogodišnjem nasadu oraha međuredno usijana pšenica, dok je kontrolna parcela bila voćnjak oraha. Fino korijenje ima višestruku ulogu u agroekosustavima; ima apsorpcijsku funkciju za vodu i hranjive tvari što je bitno za proizvodnju drva i voća. Ono je također najaktivniji dio korijenovog sustava s obzirom na dinamiku i sekvestraciju ugljika (proizvodnja, disanje, izlučivanje i razgradnja). Ovo

istraživanje je pokazalo da su se stabla oraha u agrošumarskom sustavu dublje ukorijenila od stabala u monokulturi i imala su veću gustoću korijena. Dublje ukorjenjivanje stabala oraha moguće je postići oranjem što bližedrvoredu dok su stabla još mlada. To je moguće na tlima dubokog profila gdje će se korijenje oraha usmjeravati prema stabilnijim (podzemnim) resursima vode i tako stablu omogućiti da lakše prebrodi sušni ljetni period. Nadalje, duboko korijenje može preuzeti nitrate izlučene iz gnojiva ispod dubine ukorjenjivanja usjeva pšenice. Dodatna korist ovakvog sustava proizvodnje je i ta što bi ovaj način širenja korijenovog sustava mogao doprinijeti smanjenju razine nitrata u podzemnoj vodi. Veća količina vlage tijekom važnih mjeseci za formiranje prinosa u vegetaciji ječma (veljača, ožujak, travanj, svibanj, lipanj) je zajednička poveznica ovoga i istraživanja u Đakovu.

6. ZAKLJUČAK

- Mjerenje insolacije u sjeni u odnosu na mjerenje na direktnoj sunčevoj svjetlosti se kretalo od 85 % tijekom ožujka i travnja, 12 % tijekom svibnja te 5 % tijekom srpnja. Što je doprinijelo manjim oscilacijama u temperaturi i vlazi unutar konsocijacije.
- Učinak zasjenjivanja je zanemariv. Na pokusu nema statistički značajne razlike između prinosa po usijanoj površini ječma u konsociacijskom sustavu u odnosu na kontrolno poljoprivredno polje. No ako promatramo ukupnu površinu prinosi ječma u konsocijaciji su niži ali u tom dijelu trebamo računati i na prinos oraha.
- Usijavanje ječma između redova oraha u slabo produktivnom voćnjaku može povećati produktivnost promatrane površine iako je statistički značajne niži prinos ječma po ukupnoj površini u konsocijaciji. Naime, unatoč smanjenom prinosu ječma, vrijednost LER-a je 1,53 što pokazuje da je međukultura imala utjecaj na povećanje produktivnosti površine u odnosu na monokulturne sustave, tj. meduredno usijavanje je povećalo produktivnost slabo produktivnog dijela voćnjaka.
- Broj fertilnih klasića, duljina klasova, masa 1000 zrna, te sadržaj hranjivih tvari N, P, K, Cu, Fe, Zn statistički su veći u ječmu uzgojenom u konsocijaciji. Ovakvi rezultati sugeriraju da bi blizina stabala oraha, kroz utjecaj na mikroklimu te hraniva i vodu u tlu, mogla imati pozitivan učinak na kvalitetu prinosu ječma.

7. POPIS LITERATURE

1. Arenas-Corraliza, M.G., López-Díaz, M.L., Moreno, G. (2018): Winter cereal production in a Mediterranean silvoarable walnut system in the face of climate change. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 264: 6-8.
2. Cardinael, R., Mao, Z., Prieto, I., Stokes, A., Dupraz, C., Kim, J., H., Jourdan, C. (2015.): Competition with winter crops induces deeper rooting of walnut trees in Mediterranean alley cropping agroforestry system. *Plant and Soil*, 391(1): pp. 219-235 <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-015-2422-8>
3. Dufour, L., Metay, A., Talbot, G., Dupraz, C. (2012.): Assessing light competition for cereal production in temperate agroforestry systems using experimentation and crop modelling. *Journal of Agronomy and Crop science*, Vol 199, Issue 3, pp. 217-227.
4. Eichhorn, M.P., Paris, P., Herzog, F., Incoll, L.D., Liagre, F., Mantzanas, K., Mayus, M., Moreno, G., Papanastasis, V.P., Pilbeam D.J., Pisanelli, A., Dupraz, C. (2006.): Silvoarable Systems in Europe – Past, Present and Future Prospects. *Agroforestry Systems*, 67, 29–50, doi.org/10.1007/s10457-005-1111-7
5. Gagro, M. (1997.): Žitarice i zrnate mahunarke. Prosvjeta d.d., Zagreb.
6. Ivezić, V., Lorenz, K., Lal, R. (2022.): Soil organic carbon in alley cropping systems: A Meta-analysis. *Sustainability*, 14(3), 1296; doi.org/10.3390/su14031296
7. Krička, T., Matin, A., Horvatić, T., Kiš, G., Voća, N., Jurišić, V., Grubor M. (2017.): Krmiva. Nutritivni sastav oljuštenog zrna ječma nakon termičke dorade sušenjem i uparavanjem. *Krmiva*, Vol. 59 No. 2, pp. 51-60.
8. Li, X. (2021.): Intercropping: A growing approach to sustainably increase grain yield and soil fertility. *Nature Sustainability*, Oct. (9). Institute of Cotton Research, Chinese Academy of Agricultural Sciences.
9. Lopes, S., M., Nogués, S., Araus, J., L. (2004): Nitrogen source and water regime effects on barley photosynthesis and isotope signature. *Functional Plant Biology*, Nov;31(10):995-1003. doi: 10.1071/FP04031.
10. Lopes, T., Hatt, S., Xu, Q., Chen, J., Liu, Y., Francis, F. (2016): Wheat (*Triticum aestivum* L.)-based intercropping system for biological pest control. *Pest Management Science*, 72(12):2193-2202. doi: 10.1002/ps.4332.
11. Muurinen, S. and Peltonen-Sainio, P. (2006.): Radiation-use efficiency of modern and old cereal cultivars and its response to nitrogen in northern growing conditions. *Field Crops Research*, Vol. 96, Issue 2–3, pp. 363-373, doi.org/10.1016/j.fcr.2005.08.009.

12. Sereke, F., Graves, A.R., Dux, D., Palma, J., H.N., Herzog, F., (2015.): Innovative agroecosystem goods and services: key profitability drivers in Swiss agroforestry. *Agronomy for sustainable development*, Vol. 35, pp. 759–770, doi.org/10.1007/s13593-014-0261-2
13. Pardon, P. (2018.): Silvoarable agroforestry systems in temperate regions: impact of tree rows on crops, soil and biodiversity. PhD thesis, Ghent University, Ghent, Belgium. 25-40.
14. Pardon, P., Mertens, J., Reubens, B., Reheul, D., Coussement, T., Elsen, A., Nelissen, V., Verheyen, K. (2019.): Juglans regia (walnut) in temperate arable agroforestry systems: effects on soil characteristics, arthropod diversity and crop yield. *Renewable Agriculture and Food Systems*, doi.org/10.1017/S1742170519000176
15. Pospíšil, A. (2010.): Ratarstvo I. dio. Zrinski d.d., Čakovec.
16. Rastija, M. i Kovačević, V. (2014.): Žitarice, Sveučilište Josipa Jurja Storssmayera u Osijeku, 105-110. ISBN 978-953-7871-26-0
17. Vaccaro, C., Six, J., Schöb, C. (2022): Moderate shading did not affect barley yield in temperate silvoarable agroforestry system. *Agroforestry Systems*, 96:799–810, doi.org/10.1007/s10457-022-00740-z
18. Wolz, K., J., Lovell, S., T., Branham, B., E., Eddy, W., C., Keeley, K., Revord, R., S., Wander, M., M., Yang, W., H., DeLucia, E., H. (2017.): Frontiers in alley cropping: Transformative solutions for temperate agriculture. *Global Change Biology*, 24:883–894, doi.org/10.1111/gcb.13986

Web literatura

1. <https://www.agroforestry.co.uk/about-agroforestry/silvoarable/>
2. <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/alley-cropping>
3. <https://euraf.isa.utl.pt/countries/croatia>

SAŽETAK

Istraživanje prinosa ječma u konsocijacijskom uzgoju pokusno je provedeno je u Đakovu gdje se nalazi voćnjak oraha star 12 godina. Pokus je postavljen s kontrolnim poljem ječma, kontrolnim dijelom voćnjaka i konsocijacijskim dijelom gdje je ječam bio usijan između 5 nisko produktivnih redova oraha. Tijekom vegetacije utvrđen je agrokemijski sastav tla, mjerena je širina krošnje zbog utvrđivanja efekta zasjenjivanja te insolacija dok je prilikom žetve izračunat prinos i komponente prinosa te naposljetku omjer ekvivalentne vrijednosti zemljišta (LER). Rezultati su pokazali da se insolacija u sjeni u odnosu na mjerjenje na direktnoj sunčevoj svjetlosti kretala od 85 % tijekom ožujka i travnja dok nije bilo lisne mase, 12 % tijekom svibnja te 5 % tijekom srpnja što je doprinijelo manjim oscilacijama u temperaturi i vlazi unutar konsocijacije. Također, usijavanje ječma između redova oraha u slabo produktivnom voćnjaku na pokusu u Đakovu može povećati produktivnost promatrane površine jer nema statistički značajne razlike između prinosa ječma u konsocijaciji i kontrolnog polja ($LER=1,53$). Rezultati ukazuju da je moguće uzbogati poljoprivredne kulture poput ječma u konsocijaciji s orahom, no takva proizvodnja je isplativa do određene granice, a već provedena istraživanja na tu temu pokazuju da prinosi usjeva u konsocijacijskom sustavu obično drastično opadnu oko 8-10 godina od sadnje što ukazuje da je efekt zasjenjenja pokretačka sila koja kontrolira prinose ječma u takvim kombiniranim sustavima.

Ključne riječi : konsocijacija, ječam, orah, prinos, komponente prinosa, LER

SUMMARY

Research on buckwheat yield in intercropped system has been demonstrated in Đakovo where the 12-year-old walnut orchard is located. In both locations the experiment included a barley control field, control parts of orchards and intercropped plots where barley was sown between 5 low productive rows. During vegetation the agrochemical composition of the soil was determined, the width of the canopy was measured to determine the effect of shading and insolation, while during harvest the yield and yield components was measured and the number of weeds was determined, and finally the land equivalent ratio (LER) was calculated. The results showed that insolation in the shade compared to measurement in direct sunlight ranged from 85% during March and April when there was no leaf mass, 12% during May and 5% during July, which contributed to smaller oscillations in temperature and humidity within the association. Also, sowing barley between rows of walnuts in a poorly productive orchard in the experiment in Djakovo can increase the productivity of the observed area because there is no statistically significant difference between the yield of barley in the consociation and the control field ($LER=1.53$). Results point to the possibility of growing plants like buckwheat in intercropped system with walnut trees, but production of this kind is only profitable to an extent. Previous research on the subject shows that yields in the consociation system typically decline drastically about 8-10 years from planting, indicating that the shading effect is the force controlling the buckwheat yields in such combined systems.

Keywords: intercropping, barley, walnut tree, yield, yield components, LER

10. POPIS TABLICA

| Redni broj: | Sadržaj: | Stranica: |
|-------------|--|-----------|
| Tablica 1. | Osnovna svojstva tla na pokusu Đakovo | 19 |
| Radni broj: | Sadržaj: | Stranica: |
| Tablica 2. | Prinos, komponente prinosa i elementarna svojstva zrna ječma | 20 |
| Radni broj: | Sadržaj: | Stranica: |
| Tablica 3. | Temperatura i vlaga | 21 |

11. POPIS SLIKA

| Redni broj: | Sadržaj: | Stranica: |
|-------------|---|-----------|
| Slika 1. | Ječam u busanju | 3 |
| Slika 2. | Konsocijacija oraha i ječma na pokusu u Đakovu | 5 |
| Slika 3. | Konsocijacija, vjetrobrani, silvopast. Sustav i tadicionalna šum. zajednica | 6 |
| Slika 4. | Zrno ječma | 8 |
| Slika 5. | Shema konsocijacijskog pokusa | 10 |
| Slika 6. | Mlin za mljevenje uzorka ječma | 13 |
| Slika 7. | Razaranje biljne tvari na bloku za razaranje | 14 |
| Slika 8. | Destilacija dušika po Kjeldahlu | 15 |
| Slika 9. | Shema pokusa u Đakovu | 16 |
| Slika 10. | Žetva ječma na pokusu u Đakovu | 18 |

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
Sveučilišni diplomski studij, smjer Ishrana bilja i tloznanstvo

Diplomski rad

UTJECAJ KONSOCIJACIJE ORAHA I JEČMA NA PRINOS JEČMA

Anamarija Penavić

Sažetak:

Istraživanje prinosa ječma u konsocijacijskom uzgoju pokusno je provedeno je u Đakovu gdje se nalazi voćnjak oraha star 12 godina. Pokus je postavljen s kontrolnim poljem ječma, kontrolnim dijelom voćnjaka i konsocijacijskim dijelom gdje je ječam bio usijan između 5 nisko produktivnih redova oraha. Tijekom vegetacije utvrđen je agrokemijski sastav tla, mjerena je širina krošnje zbog utvrđivanja efekta zasjenjivanja te insolacija dok je prilikom žetve izračunat prinos i komponente prinosa te naposlijetku omjer ekvivalentne vrijednosti zemljišta (LER). Rezultati su pokazali da se insolacija u sjeni u odnosu na mjerjenje na direktnoj sunčevoj svjetlosti kretala od 85 % tijekom ožujka i travnja dok nije bilo lisne mase, 12 % tijekom svibnja te 5 % tijekom srpnja što je doprinijelo manjim oscilacijama u temperaturi i vlazi unutar konsocijacije. Također, usijavanje ječma između redova oraha u slaboproduktivnom voćnjaku na pokusu u Đakovu može povećati produktivnost promatrane površine jer nema statistički značajne razlike između prinosa ječma u konsocijaciji i kontrolnog polja ($LER=1,53$). Rezultati ukazuju da je moguće uzgajati poljoprivredne kulture poput ječma u konsocijaciji s orahom, no takva proizvodnja je isplativa do određene granice, a već provedena istraživanja na tu temu pokazuju da prinosi usjeva u konsocijacijaskom sustavu obično drastično opadnu oko 8-10 godina od sadnje što ukazuje da je efekt zasjenjenja pokretačka sila koja kontrolira prinose ječma u takvim kombiniranim sustavima.

Rad je izrađen pri: Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Mentor: Izv.prof.dr.sc. Vladimir Ivezić

Broj stranica: 30

Broj slika: 10

Broj tablica: 3

Broj literturnih navoda: 21

Broj priloga:

Jezik izvornika: Hrvatski

Ključne riječi: konsocijacija, ječam, orah, prinos, komponente prinosa, LER

Datum obrane:

Stručno povjerenstvo za obranu:

1. doc.dr.sc. Vladimir Zebec, predsjednik
2. doc.dr.sc. Vladimir Ivezić, mentor
3. izv.prof.dr.sc. Brigita Popović, član

Rad je pohranjen u: Knjižnici fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Vladimira Preloga 1

BASIC DOCUMENTATION CARD

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek
University Graduate Studies, course**

Graduate thesis

**INFLUENCE OF WALNUT AND BARLEY CONSOCIATION ON BARLEY YIELD
Anamarija Penavić**

Summary:

Research on buckwheat yield in intercropped system has been demonstrated in Djakovo where the 12-year-old walnut orchard is located. In both locations the experiment included a barley control field, control parts of orchards and intercropped plots where barley was sown between 5 low productive rows. During vegetation the agrochemical composition of the soil was determined, the width of the canopy was measured to determine the effect of shading and insolation, while during harvest the yield and yield components was measured and the number of weeds was determined, and finally the land equivalent ratio (LER) was calculated. The results showed that insolation in the shade compared to measurement in direct sunlight ranged from 85% during March and April when there was no leaf mass, 12% during May and 5% during July, which contributed to smaller oscillations in temperature and humidity within the association. Also, sowing barley between rows of walnuts in a poorly productive orchard in the experimet in Djakovo can increase the productivity of the observed area because there is no statistically significant difference beetwen the yield of barley in the consociaiton and the control field (LER=1.53). Results point to the possibility of growing plants like buckwheat in intercropped system with walnut trees, but production of this kind is only profitable to an extent. Previous research on the subject shows that yields in the consociaiton system typically decline drastically about 8-10 years from planting, indicating that the shading effect is the force controlling the buckwheat yields in such combined systems.

Thesis performed at: Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

Mentor: PhD Vladimir Ivezic

Number of pages: 30

Number of figures: 10

Number of tables: 3

Number of references: 21

Number of appendices:

Original in: Croatian

Key words: intercropping, barley, walnut tree, yield, yield components, LER

Thesis defended on date:

Reviewers:

- 1. PhD Vladimir Zebec, chair**
- 2. PhD Vladimir Ivezic, mentor**
- 3. PhD Brigitte Popovic, member**

Thesis deposited at: Library, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Vladimira Preloga