

# 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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:127675>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-31**



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 pH.....	11
3.2.2. Hidrolitička kiselost(Hy).....	11
3.2.3. Lakopristupačni fosfor i kalij.....	11
3.2.4. Humus.....	12
3.3. Analiza biljnog materijala.....	13
3.3.1. Razaranje biljnog materijala mokrim postupkom.....	14
3.3.2. Određivanje prinosa i komponenti prinosa.....	15
3.3.3. Određivanje prinosa oraha.....	16
3.4. Određivanje insolacije.....	16
3.5. Temperatura i vlaga unutar usjeva.....	17
3.6. Produktivnost površine ( <i>LER – land equalent ratio</i> ).....	17
4. REZULTATI .....	18
4.1. Osnovna svojstva tla.....	18
4.2. Komponente prinosa.....	20
4.3. LER ( <i>Land equalent 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* (prijelazni 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 %), celuloza (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 zemljištima 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 sekvencijaciju 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 agronomske tehnike i sadnog materijala. No unatoč tome posljednjih godina došlo je do stagnacije prinosa što je rezultat klimatskih promjena i ponavljajućih 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 poljoprivredu. 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 zemljišnim 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 proizvode drvnoj 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 orijentaciju terena, pristup vodi. Iako agrošumarstvo pruža više mogućnosti odabira različitih sustava (silvoarabilno agrošumarstvo, 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 se *Fabaceae*, *Juglandaceae* i *Salicaceae*. Drveće iz porodice *Juglandaceae* je najčešće zastupljeno stablima oraha (*Juglans spp.*) Drveće oraha u konsocijacijskom 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 preradom 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 međuusjevi. 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 uspostava drvoreda 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 uspostave drvorednog sustava vrbe, topole i bagrema u drvoredu

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 jednocvjetna 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 uzgaja na našem području priprada *medium* ekološkoj skupini koja se uzgaja 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](http://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 primijenjenih 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 parceli (osnovna parcela umanjena za rubne redove). Komponente prinosa ječma su: broj klasova po jedinici površine (m<sup>2</sup>), broj zrna u klasu i masa 1000 zrna. Uz komponente prinosa, visina prinosa ovisi i o drugim svojstvima kao što su visina biljke, dužina klasa, ukupnom broju klasića u klasu, broju neplodnih klasića i masi zrna u klasu. Da bi rezultati i svojstva bili što točniji prinos se analizira na najmanje 100 biljaka, a rezultat je srednja vrijednost promatranog svojstva. Na prosječnom uzorku zrna

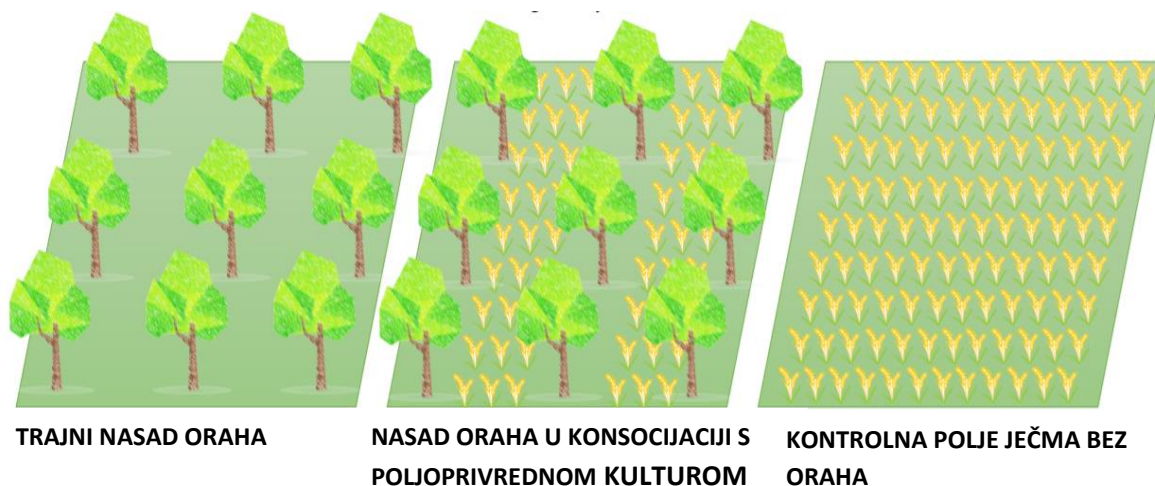
određuje se hektolitarska masa, masa 1000 zrna, vlaga zrna i nečistoće. Konačna visina prinosa se preračuna u kg/ha na bazi 13% vlage i 2% nečistoća (Pospíšil, 2013.).

### 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 (*Hy*)

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 aluminijskih iona. Određivanje hidrolitičke kiselosti u poljoprivredi se najviše koristi zbog utvrđivanja potreba za kalcijem (Vukadinović i Vukadinović, 2016). Postupak određivanja hidrolitičke kiselosti provodi se tako da 20 grama zrakosuhog tla prelije sa 50 ml 1M CH<sub>3</sub>COONa 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<sub>2</sub> 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 pufernom 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 minuti, u periodu od 2 do 4 sata. Fosfor se određuje tzv. plavom metodom, dok se emisijom tehnikom direktno iz ekstrakta tla određuje pristupačnost kalija određuje



direktno iz ekstrakta. Ova metoda se obavlja na uređaju koji se zove atomski apsorpcijski spektrofotometar (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  $K_2Cr_2O_7$  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 mjerenje na 585 nm u kivetama (ISO, 1998). Rezultati uzoraka 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 kiselina 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.



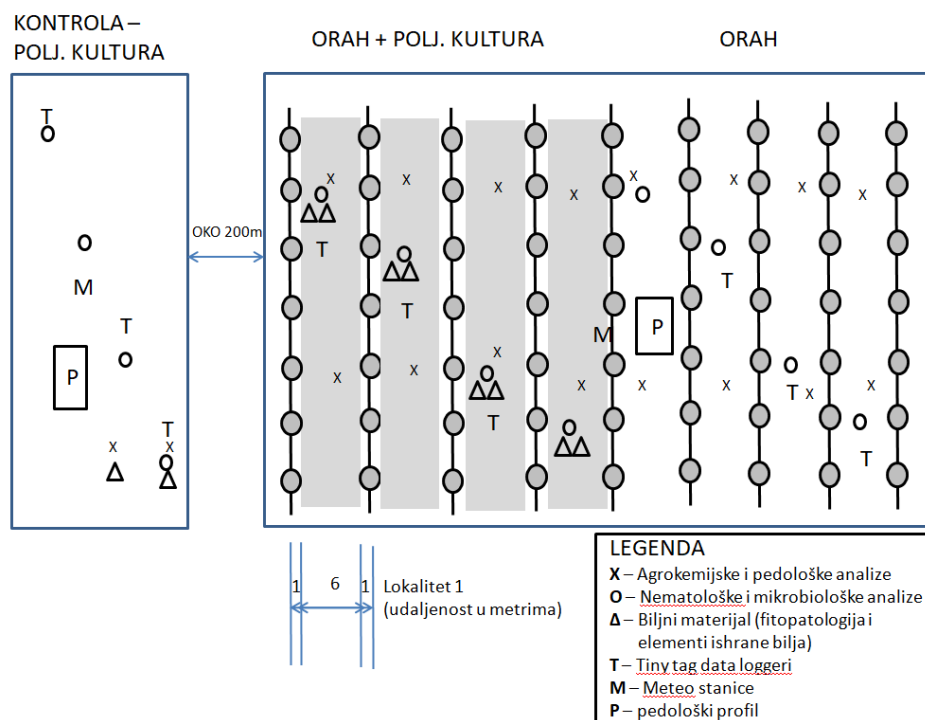
Slika 7. Razaranje biljne tvari na bloku za razaranje (Izvor: autor)



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 lokacija 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 klasa, dužina stabljike i klasa, broj fertilnih i sterilnih klasića 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 sunčevo zračenje u više navrata (travanj, lipanj, srpanj, rujanj, listopad) u sjeni krošnje oraha i na sredini međurednog razmaka tijekom vedrih dana. Sunčevo 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 mjerenje širine krošnje oraha. Izmjerene su i zabilježene dužine najdužih i najkraćih međusobno okomitih grana. Mjerenje 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 vlaga 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 equalent ratio*)

Prema Ong & Kho (2015.) omjer ekvivalentne vrijednosti zemljišta predstavlja omjer proizvodne površine pod monokulturom i površine pod međusjedom 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  $\leq 1$ , nema agronomske prednosti zasijavanja međusjeva u odnosu na monokulturu, ali kada je LER  $> 1$ , proizvodnja u konsocijacijskom sustavu je veća 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 <sub>2</sub> O	KONS	8	6,24 <sup>ns</sup>
	kontrola	2	5,78 <sup>ns</sup>
	voćnjak	8	6,07 <sup>ns</sup>
pHKCl	KONS	8	5,19 <sup>ns</sup>
	kontrola	2	4,67 <sup>ns</sup>
	voćnjak	8	4,81 <sup>ns</sup>
humus %	KONS	8	2,49 <sup>ns</sup>
	kontrola	2	1,74 <sup>ns</sup>
	voćnjak	8	2,52 <sup>ns</sup>
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - AL mg/100g	KONS	8	7,85 <sup>ns</sup>
	kontrola	2	12,86 <sup>ns</sup>
	voćnjak	8	9,59 <sup>ns</sup>
K <sub>2</sub> O - AL mg/100g	KONS	8	14,18 <sup>ns</sup>
	kontrola	2	11,15 <sup>ns</sup>
	voćnjak	8	26,48 <sup>ns</sup>
Hy cmol <sup>+</sup> /kg <sup>-1</sup>	KONS	8	3,19 <sup>ns</sup>
	kontrola	2	3,85 <sup>ns</sup>
	voćnjak	8	3,49 <sup>ns</sup>
Cu (mg/kg)	KONS	8	18,32 <sup>a</sup>
	kontrola	2	12,6 <sup>b</sup>
	voćnjak	8	16,14 <sup>c</sup>
Fe (mg/kg)	KONS	8	33669
	kontrola	2	21725 <sup>a</sup>
	voćnjak	8	30251 <sup>b</sup>
Mn (mg/kg)	KONS	8	747,7 <sup>ns</sup>
	kontrola	2	701,8 <sup>ns</sup>
	voćnjak	8	775,27 <sup>ns</sup>
Zn (mg/kg)	KONS	8	78,09
	kontrola	2	57,78 <sup>ab</sup>
	voćnjak	8	72,24 <sup>b</sup>

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 <sup>ns</sup>	10,28
	Kontrola	4	7,66 <sup>ns</sup>	8,02
br. biljaka 1m2	KONS	16	681 <sup>ns</sup>	916
	Kontrola	4	763 <sup>ns</sup>	816
dužina stabljike (cm)	KONS	8	60,74 <sup>ns</sup>	67,45
	Kontrola	4	60,25 <sup>ns</sup>	61,8
dužina klasa (cm)	KONS	8	7,62 <sup>a</sup>	8,77
	Kontrola	4	6,59 <sup>b</sup>	6,98
broj F klasića	KONS	8	20.844 <sup>a</sup>	23.250
	Kontrola	4	18.913 <sup>b</sup>	19.800
masa 1000 zrna (g)	KONS	8	64.03 <sup>a</sup>	69.25
	Kontrola	4	53.87 <sup>b</sup>	55.12
N %	KONS	16	1.063 <sup>a</sup>	1,37
	Kontrola	4	0,75 <sup>b</sup>	0,82
P (mg/kg)	KONS	16	3318,3 <sup>a</sup>	3542
	Kontrola	4	2907 <sup>b</sup>	3199
K (mg/kg)	KONS	16	5395,4 <sup>a</sup>	5820,5
	Kontrola	4	4807 <sup>b</sup>	5138
Cu (mg/kg)	KONS	16	4,44 <sup>a</sup>	5,39
	Kontrola	4	3,41 <sup>b</sup>	3,63
Fe (mg/kg)	KONS	16	46,17 <sup>a</sup>	109,3
	Kontrola	4	35,1 <sup>b</sup>	59,58
Mn (mg/kg)	KONS	16	9,33 <sup>a</sup>	10,72
	Kontrola	4	11,53 <sup>b</sup>	12,54
Zn (mg/kg)	KONS	16	28,81 <sup>ns</sup>	53,45
	Kontrola	4	24,3 <sup>ns</sup>	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 vlaga

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

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, vlaga je pokazala statistički značajne razlike u svakom od promatranih mjeseci (Tablica 3).

U prosincu i siječnju vlaga 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 equalent ratio*)

Prinos ječma na kontrolnoj parceli 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 radove 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 vodeni stres i dostupnost N kao glavna ograničenja za prinos ječma (*Hordeum vulgare L.*). U našem istraživanju vidimo da je vlaga 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-Corraliza 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 događati češće. Nadalje, veća količina hranjivih tvari (osobito N) u zrnu ječma koji je uzgajan između redova oraha rezultat je zaszjene 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 umjereno 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 ekvivalente 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 konoscijaciji 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 bliže drvoredu 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 nitratre 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 konsocijacijskom 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. međuredno 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 prinosa 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](https://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](https://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](https://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. Pospišil, A. (2010.): Ratarstvo I. dio. Zrinski d.d., Čakovec.
16. Rastija, M. i Kovačević, V. (2014.): Žitarice, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera 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 mjerenje 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 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 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 experimet 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 tradicionalna 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 naposljetku omjer ekvivalentne vrijednosti zemljišta (LER). Rezultati su pokazali da se insolacija u sjeni u odnosu na mjerenje 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 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.

**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 literaturnih 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 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.

**Thesis performed at:** Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

**Mentor:** PhD Vladimir Ivezić

**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 Ivezić, mentor**
- 3. PhD Brigita Popović, member**

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