

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI

Domagoj Radić

Diplomski studij Povrćarstvo i cvjećarstvo

**UTJECAJ KONSOCIJACIJE ORAHA I HELJDE NA PRINOS
HELJDE**

Diplomski rad

Osijek, 2020.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI

Domagoj Radić

Diplomski studij Povrćarstvo i cvjećarstvo

**UTJECAJ KONSOCIJACIJE ORAHA I HELJDE NA PRINOS
HELJDE**

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

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

Osijek, 2020.

Sadržaj

1. UVOD.....	1
2. PREGLED LITERATURE	3
2.1. Silvoarabilno agrošumarstvo	3
2.2. Heljda.....	5
3. MATERIJAL I METODE	10
3.1 Lokaliteti istraživanja.....	10
3.2 Agrokemijske analize tla	11
3.2.1. <i>pH</i>	11
3.2.2. <i>Lakopristupačni P i K</i>	11
3.2.3. <i>Humus</i>	11
3.3 Određivanje insolacije	12
3.4 Određivanje prinosa heljde	14
3.5. LER.....	14
3.6 Statistička obrada podataka	15
4. REZULTATI	16
5. RASPRAVA.....	19
6. ZAKLJUČAK.....	23
7. LITERATURA	24
8. SAŽETAK.....	29
9. SUMMARY	30
10. POPIS TABLICA I GRAFIKONA	31
11. POPIS SLIKA	32
TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA	
BASIC DOCUMENTATION CARD	

1. UVOD

Heljda pripada porodici *Polygonaceae* a rod *fagopyrum* sadrži 15 vrsta (Gondola i Papp, 2010.). Za proizvodnju su najznačajniji *Fagopyrum symosum*, višegodišnja heljda koja se koristi kao povrtna kultura, krmna kultura i u ljekovite svrhe, *Fagopyrum esculentum*, obična heljda koja se uzgaja na našim područjima, i *Fagopyrum tataricum*, odnosno tatarska heljda koja se koristi za silažu jer joj je zrno loše kakvoće (Gagro, 1997.). Heljda je pseudožitarica s ograničenim urodom koja potječe s područja srednje i sjeveroistočne Azije a u Europi se uzgaja od 16. stoljeća (Bystricka i sur., 2014.). Heljda se koristi u ljudskoj prehrani, odnosno obogaćuje i povećava standard prehrane zbog lako probavljivog zrnja visoke nutritivne vrijednosti i povoljnog kemijskog sastava bogatog raznim esencijalnim aminokiselinama i mineralima. Heljda je izvrstan izvor proteina i vlakana, a sadrži i lizin, esencijalnu aminokiselinu koja se rijetko nalazi u biljnoj hrani (Mindell, 1998.). Heljda sadrži i limunsku, jabučnu i oksalnu kiselinu koje povoljno utječu na probavu (Todorović i sur. 2003.). Vrlo je bogata elementima u tragovima Zn, Cu, Mn i Se, međutim, mora se uzgajati u nezagađenim područjima kako bi se onemogućilo nakupljanje kontaminirajućih elemenata (Kreft i Germ, 2008.) Heljda sadrži i značajnu količinu rutina i drugih polifenola (Luthar, 1992) koji u umjerenim količinama mogu biti snažni antikarcinogeni. Također, vrijedan je izvor proteina za osobe osjetljive na gluten (Skerritt, 1986).

Duljina heljdine vegetacije je 2,5 do 3 mjeseca, što joj omogućuje da se uzgaja i kao glavni i kao postrni usjev. Zbog kratke vegetacije heljda jako dobro uspijeva kao postrna kultura i kao takva služi za merkantilnu uporabu dok se sije kao glavna kultura samo kad je riječ o sjemenskoj proizvodnji (Gagro, 1997.). Isti autor navodi da je heljda kao postrni usjev dobra jer sa svojim gustim sklopom guši korove i pridonosi boljem iskorištenju tla a može se koristiti i za zelenu gnojidbu jer stvara veliku vegetativnu masu u kratkom vremenu. Nadalje, heljda dugo cvijeta, oko 30-ak dana što predstavlja idealnu kulturu za pčelinju pašu, i u tome periodu pčele mogu spremati od 100 do 300 kilograma meda po hektaru, meda koji je tamne boje karakteristična okusa.

Prema Faostat podacima za godine od 2013. do 2017. u Hrvatskoj postoji određena tendencija rasta zasijanih površina heljde sa 154 na 695 hektara, ali prosječan prinos varira zavisno od godine od 2,8 t/ha do 0,9 t/ha a samim time i ukupna proizvodnja. Također, na razini Europske unije, kao i na svjetskoj razini postoji tendencija rasta zasijanih površina

heljde ali sa stabilnijim prosječnim prinosom koji za Europu iznosi 1,7 t/ha dok je svjetski prosječni prinos 1 t/ha. 2017.godine u Europi pod heljdom se nalazilo 191 100 ha dok je na svjetskoj razini posijena površina iznosila 3 940 000 ha. Najveći svjetski proizvođači su Kina sa 1 684 000 ha i ukupnom proizvodnjom od 1 447 000 tona te Rusija sa 1 498 000 ha, odnosno ukupnom proizvodnjom od 1 524 000 tona heljde, a najveći svjetski potrošač je Japan.

Agrošumarstvo je sustav korištenja zemljišta u kojem namjenski koristimo istu površinu za kombiniranu proizvodnju drvenastih trajnica i međurednih poljoprivrednih usjeva (višegodišnji ili jednogodišnji), stoku ili oboje. Agrošumarstvo je interakcija poljoprivrede i drveća, koja predstavlja društveni, ekološki i ekonomski proizvodni sustav korištenja prirodnih resursa kroz integraciju stabala u poljoprivrednim zemljištima i pašnjacima, a uključuje širok spektar stabala koja su zaštićena, zasađena ili regenerirana. Takva interakcija dovodi do povećanja raznolikosti krajobraza, stvaranja nove mikroklimе unutar nasada, povećava se biološka raznolikost i količina hraniva u tlu, smanjuje se unos umjetnih gnojiva te dolazi do sekvastracija ugljika što rezultira ublažavanjem efekta klimatskih promjena. Za agrošumarstvo najpogodnije su vrste koje imaju malu gustoću grana te same odbacuju stare i trule grane, koje imaju dobar raspored lišća te im korijenje ide u dubinu. Cilj agrošumarstva je osigurati zaštitu prirodnog okoliša, spriječiti degradaciju tala izraženu vjetrom i kišom i pritom proizvoditi drveće za ogrijev ili druge komercijalne svrhe te raznolike hranjive proizvode namjenjene ljudskoj ili životinjskoj konzumaciji.

Cilj istraživanja je odrediti prinose heljde i učinke zasjenjivanja između redova cijepljenih oraha u dva voćnjaka starosti 11 godina i 4 godine na dvije lokacije, te na osnovu rezultata istraživanja ispitati produktivnost takvih sustava izračunavanjem omjera ekvivalenta zemljišta (LER).

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Silvoarabilno agrošumarstvo

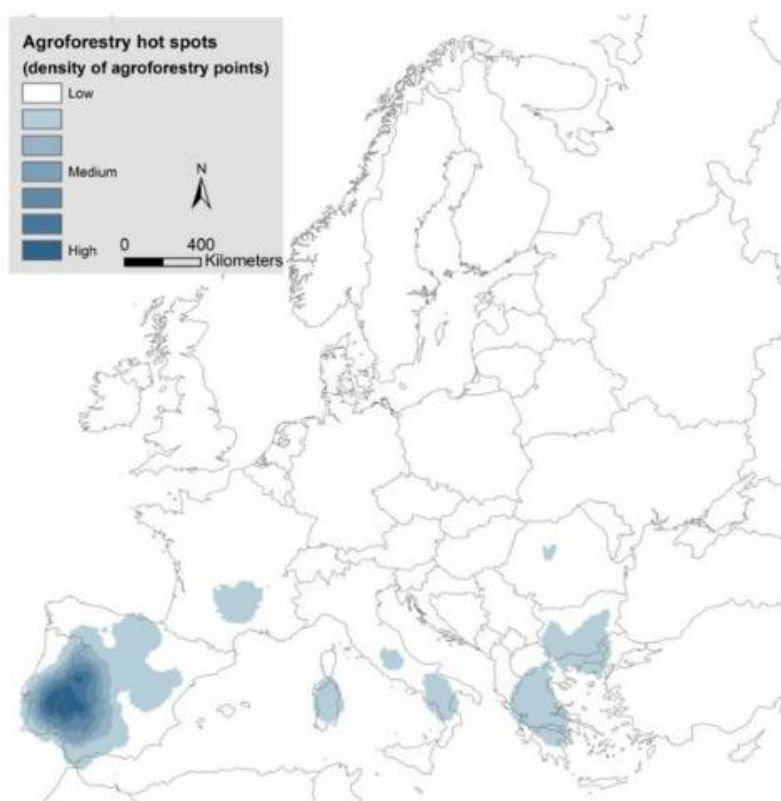
Silvoarabilno agrošumarstvo je kombiniranje drveća rasprostranjenog na polju s jednogodišnjim ili višegodišnjim usjevima, a sastoji se od drveća u redovima, razbacanog drveća i drveća uz ograde. Drveća uz ograde se sade kako bi poslužila kao vjetrozaštitni pojas i zbog estetike krajolika. Tomašević (1996.) u „Vjetrozaštita Sinjskog polja“ navodi uloge i važnosti vjetrozaštitnih pojasa, u sprječavanju eolske erozije i povećanju prinosa u poljoprivrednim kulturama. Drveće u redovima se sadi na razmak prilagođen poljoprivrednoj mehanizaciji a između redova se uzgajaju poljoprivredni usjevi što rezultira većom iskoristivosti sunca i vode te poboljšanom iskoristivosti hraniva, odnosno smanjen je gubitak hraniva, prema tome kompeticija za svjetlom je važniji čimbenik nego kompeticija za hranivima. Također, ekološke prednosti su bolja mikroklima unutar konsocijacije, zaštita od vjetra, manje oscilacije u temperaturi, smanjen gubitak vlage evapotranspiracijom zbog zasjene, smanjeno otjecanje vode i poboljšana iskoristivost vode iz tla. Također, povećava se biološka raznolikost na njivi, dobijamo dva ili više izvora zarade s manjim troškovima zaštite i gnjidbe jer na jednoj površini imamo dvije proizvodnje koje se međusobno ne isključuju, ali imajući na umu da su usjevi i drveće međusobna konkurencija za vodu, jako je bitan faktor razmak između redova.



Slika 1. Uljana repica između drvoreda Oraha (izvor: autor)

Sa novim izglasanim zakonima na razini Europske unije očekuje se povećanje dobivanja energije iz obnovljivih izvora energije, a samim time se i sve više sade šumske vrste kratkih ophodnji na poljoprivrednom zemljištu čija biomasa kao gorivo postaje sve značajniji resurs koji može nadomjestiti smanjene prinose ratarske kulture u odnosu na konvencionalni unificirani način proizvodnje. Kako bi se povećalo dobivanje energije iz biomase potrebno je promijeniti dosadašnje poljoprivredne strategije razvoja i povećati produktivnost zemljišta s konsocijacijom kultura kratkih ophodnji i drugim ratarskim usjevima. Takvi sustavi u područjima niske razine pitke vode mogu imati ekološku (smanjeno korištenje kemikalija) i socijalnu korist (Schoeneberger i sur. 2012.).

Gledano sa ekološkog aspekta stabla u agrošumarskim sustavima razvijaju opsežnije sustave korijena koji smanjuju gubitak nitrata u okoliš do 75 % tijekom života stabla i smanjuju mogućnost zagađenja podzemnih voda. Agrošumarski sustavi su prepoznati kao integrirano, multifunkcionalno rješenje koje omogućuje proizvodnju hrane, a ujedno pruža usluge zaštite ekosustava (McNeely i Scherr, 2007).



Slika 2. Distribucija agrošumarstva po državama Europe
(izvor:CURRENT EXTENT OF AGROFORESTRY IN EUROPE)

Države s najvećim površinama agrošumarskih sustava su Španjolska, Francuska i Grčka, odnosno zemlje Mediterana, i upravo ta područja pokazuju da se agrošumastvo može uspješno adaptirati na teška staništa i ispuniti mnogostruke zahtjeve koje mu zemljište nameće. To su rezultati istraživanja koje Den Herder i sur. provode u 2017. godini na području Europske unije gdje su podatci pokazali da silvopastoralni sustavi (sustav konsocijacije uzgoja drvenastih kultura i stoke) pokrivaju 15,1 milion hektara, dok silvoarabilni sustavi (sustav konsocijacije uzgoja drvenastih i ratarskih/povrtnarskih kultura) pokrivaju 1,3 miliona hektara.

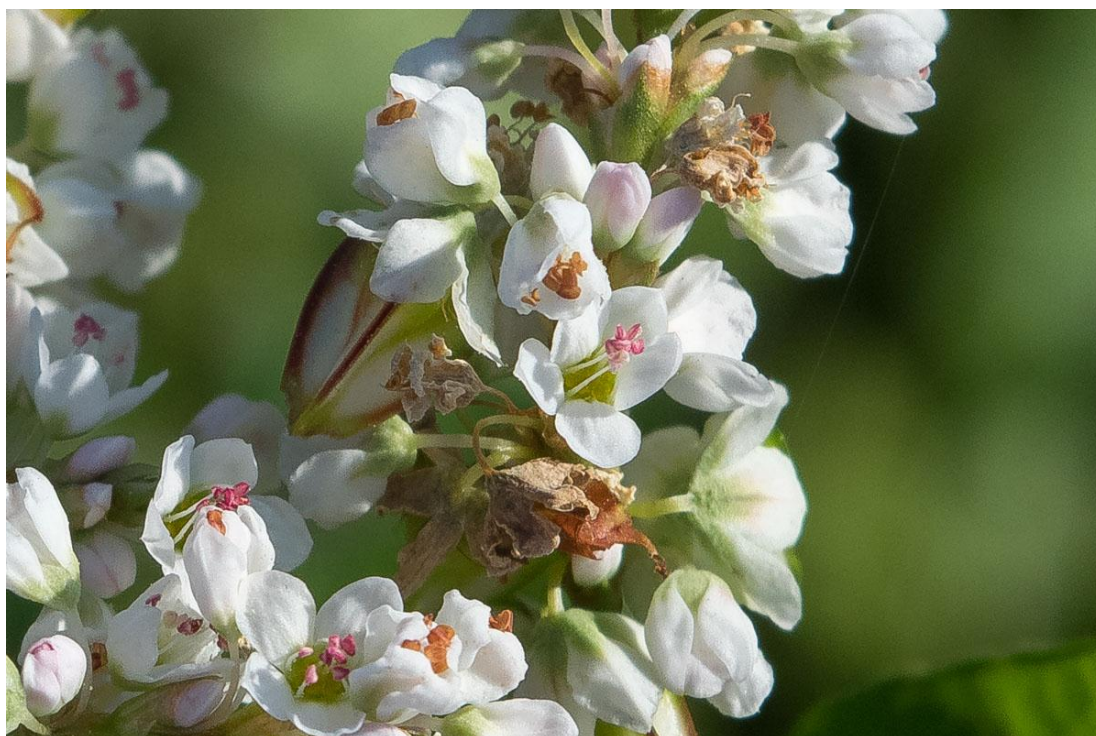
Prema trenutno raspoloživim podacima kombinacija stabala i usjeva pokazuju porast od 20 do 40 % drvne biomase, a da se pritom ne broje poljoprivredni prinosi uzgajani na lokaciji konsocijacije. Naprimjer, na 100 hektara površine nasada topola u kombinaciji s pšenicom daju ekvivalent proizvodnosti koji odgovara oko 140 hektara površine, gdje su topole i pšenica uzgojeni zasebno na odvojenim parcelama. Sličan primjer, zemljište od 100 hektara drveća oraha u kombinaciji s žitaricama (pšenica) daje sveukupni produkt (drvena biomasa i žito) jednak 133 hektara zasebno uzgajane površine. Kombinirana proizvodnja je efikasnija zbog boljeg korištenja dostupne svjetlosti tijekom cijele godine na određenom području i zbog boljeg hvatanja hranjivih tvari dubljim korištenjem stabala. Međutim, razmak stabala je vrlo važan kako bi se spriječilo prekomjerno zasjenjivanje usjeva. Prostor od 11x5 metara među orasima imao je negativne učinke na pšenicu, dok je razmak od 11x9 metara pa na više bio pozitivan.

Stabla pružaju niz važnih proizvoda, usluga i pogodnosti seoskim i urbanim zajednicama te imaju ključnu ulogu u svim kopnenim ekosustavima, bilo to upotrebljavanje kao označivač granice zemljišta, ukras u vizualnom krajoliku ili kao stablo koje posjeduje kulturnu ili povijesnu baštinu, svako stablo je temelj za obnavljanje zemljišta i za popravljanje zdravlja tla.

2.2. Heljda

Heljda je stranooplodna biljka čiji je korijen dobro razvijen, vretenast i sa velikom upojnom snagom, u tlo prodire i preko 100 centimetara a čini oko 3 % ukupne težine biljke (Gagro, 1997.). Najveći dio korijenove mase (više od 85 %) nalazi se na dubini od 20 do 30 centimetara (Gondola i Papp, 2010.). Stabljika je često obojana crvenkastom bojom zbog povećane koncentracije antocijana, uspravna je, šuplja i razgranata, visine od 0,5 pa

do 3 metra ali obično se visina kreće od 30 do 50 centimetara (Bjorkman i sur., 2008.). Listovi su također crvenkaste boje duljine 5 do 10 centimetara (Campbell i Heller, 1997.). Broj listova varira, ovisno o sorti i može biti različitog oblika, ovisno gdje se nalazi na biljci. Pri dnu stabljike listovi se sastoje od peteljke i velike srcolike plojke koja zagušuje korove dok su pri vrhu stabljike listovi sjedeći, ne sadrže peteljku. Cvjetovi su skupljeni na cvjetnoj grančici koja raste iz pupova u pazuhu listova a sastoji se od 5 lapova, 5 latica, 8 prašnika i jednog tučka sa bijelim do ružičastim laticama. Cvjetovi su dvospolni i stranooplodni. Na istoj biljci istovremeno mogu biti cvjetovi, oplodeni cvjetovi i zreli plodovi (Pospišil, 2010.). Jedna biljka sadrži od 1000 do 2000 cvijetova, čije cvjetanje traje oko 30 dana od čega se oplodi možda 20 % (Gagro, 1997.). Isti autor navodi da je plod zrno specifičnog trokutastog oblika i da se sastoji od jezgre i sjemene ljuske. Jezgra je tamne boje dok je endosperm, koji ima veći sadržaj škroba od žitarica, bijele boje a u sredini endospema nalazi se klica sa kotiledonima u obliku slova S. Težina 1000 zrna iznosi 20 do 30 grama a hektolitarska težina je od 55 do 65 kilograma.



Slika 3. Cvijet heljde

(izvor: <https://www.plantea.com.hr/heljda/>)



Slika 4. Plod heljde

(izvor:<https://mellysfood.com/wp-content/uploads/2018/02/heljda.jpg>)

Heljda je biljka koja nema većih potreba za toplinom i osjetljiva je na visoke i niske temperature, a stabljiku joj uništavaju i najmanji mrazovi (Šimundić, 2008.). Suma temperatura topline potrebne za vegetaciju iznosi od 1000 do 1200 °C. Optimalna temperatura za cvatnju je 17-19 °C, pri temperaturi ispod 10 °C prestaje asimilacija a na temperaturama iznad 24 °C prestaje oplodnja (Todorović i sur., 2003.). Isti autor navodi da heljdin transpiracijski koeficijent iznosi 500-600. Osjetljiva je na pomanjkanje vode a najkritičnije faza je nalijevanje zrna. Nedostatak vode tijekom cvatnje i oplodnje rezultira nepravilnim razvojem endosperma što u konačnici dovodi do manje mase sjemena (Kalinova i sur., 2002.). S druge strane, previše vode u kombinaciji sa višim temperaturama dovodi do bujnog porasta i manjeg priroda zrna jer se hranjiva troše na izgradnju stabljike i lišća. Za heljdu nisu preporučena previše plodna tla zbog bujnog rasta i polijeganja. Plodno i strukturirano tlo će dati najbolje prinose a na tlima slabije plodnosti prinos će biti veći u odnosu na druge žitarice (Gagro, 1997.). Heljda se smatra biljkom kratkog dana (Quinet i sur., 2004.), te njeno sazrijevanje ovisi o sorti i dužini dana. Najveći intenzitet rasta odvija se između 11 i 12 sati dok je najmanji između 18 i 21 sati (Todorović i sur., 2003.). Skraćivanjem dužine dana prestaje rast heljde i hranjiva se počinju usmjeravati u plod i prema tome intenzitet svjetlosti ima direktan utjecaj na povećanje prinosa zrna. Heljda najbolje uspijeva nakon jednogodišnjih leguminoza i

poslije okopavina a jako je dobar predusjev zbog svoje sposobnosti da zaguši korovske biljke (Todorović i sur., 2003.).

Heljda ima dobro razvijen korijenov sustav i jake je upojne moći što joj omogućuje da koristi teže topiva hranjiva i crpi njihovu zalihu sa mjesta koje su nekim drugim kulturama nedostupna. Literaturni navodi govore da je za osrednje plodna tla potrebna količina od 80 kilograma po hektaru dušika, 50-60 kilograma po hektaru fosfora i 80 kilograma po hektaru kalija, dok se u postrnoj sjetvi ti iznosi mogu prepoloviti. Polovicu fosfora i kalija treba zaorati, a drugu polovicu dodati u pripremi tla za sjetvu skupa sa polovicom dušika, dok se druga polovica raspoređuje folijarno u dvije prihrane. Prva prihrana je 15 dana nakon nicanja, odnosno pred pupanje dok je druga prihrana 15 dana nakon prve prihrane, odnosno u fazi cvatnje (Gagro, 1997.). Sjetva se obavlja uskorednim ili širokorednim sijačicama na dubinu od 4 do 5 centimetara, ovisno o tipu tla. Na težim, vlažnijim i hladnijim tlima sijemo pliće , dok na suhim i lakšim tlima sijemo dublje.

Sjetvena norma iznosi 50-60 kilograma po hektaru a ovisi o gustoći sklopa, težini 1000 zrna, klijavosti i čistoći. Gustoća sklopa iznosi od 200 do 250 klijavih sjemenki na m², gušći sklop ide kao postrna kultura dok je rijedi predviđen za glavnu kulturu. Iskustva pokazuju da se sjetvom u uske redove, razmaka oko 10 centimetara između redova, dobivaju veći prirodni nego pri sjetvi u široke redove, razmaka oko 25 ili 45 do 50 centimetara, manje se razvijaju korovi, bolje se čuva vlaga tla i heljda manje poliježe te zbog bolje raspoređenog vegetacijskog prostora moguća je gušća sjetva (Gagro, 1997.).

Njega usjeva uključuje drljanje površine ako se je pojavila pokorica prije nicanja i po potrebi kasniju međurednu kultivaciju ako je obavljena širokoredna sjetva. Zbog brzog rasta, pogotovo u gustom sklopu, odnosno uskorednoj sjetvi nije potreban tretman herbicidima, a ako se heljda već tretira herbicidima najidealnije vrijeme za to je nakon sjetve a prije nicanja. Međuredna kultivacija se obavlja kako bi se izbjeglo korištenje herbicida, i samim time omogućila ispaša pčelama. Za vrijeme cvjetanja postavljanjem dvije do četiri košnice pa hektaru može povećati prinos za 100 % (Todorović i sur., 2003.).



Slika 5. Heljda u konsocijaciji sa orasima (izvor: autor)

Heljda ima nejednolično i dugo sazrijevanje, prema tome u žetvu treba krenuti kad je većina plodova zrela, a da se zrno ne osipa. Zrno heljde obično dozrijeva 10 do 12 tjedana nakon sjetve (Radisc i Mikohazi, 2010.). Žetva se obavlja žitnim kombajnima koji se za to posebno podese. Heljdu normalne gustoće, nepolegnutu i neispreatenu žanjemo bez vitla; u suprotnome koristimo vitlo s malim brojem okretaja, da ne bismo prouzročili udaranje po biljkama i osipanje zrna (Gagro, 1997.). Da bi se heljda kvalitetno uskladištila potrebo joj je spustiti vlagu ispod 14 % kako bi se spriječilo kvarenje. Prinosi variraju, ali u glavnoj žetvi se može očekivati prinosi iznad 2 tone po hektaru dok se u postrnoj sjetvi očekuje od 1,5 do 2 tone. Prinos zelene mase iznosi oko 15 tona po hektaru. 100 kg sjemena heljde daje oko 65 kg brašna, 15 kg mekinja i 20 kg ljuske (Gagro, 1997.).

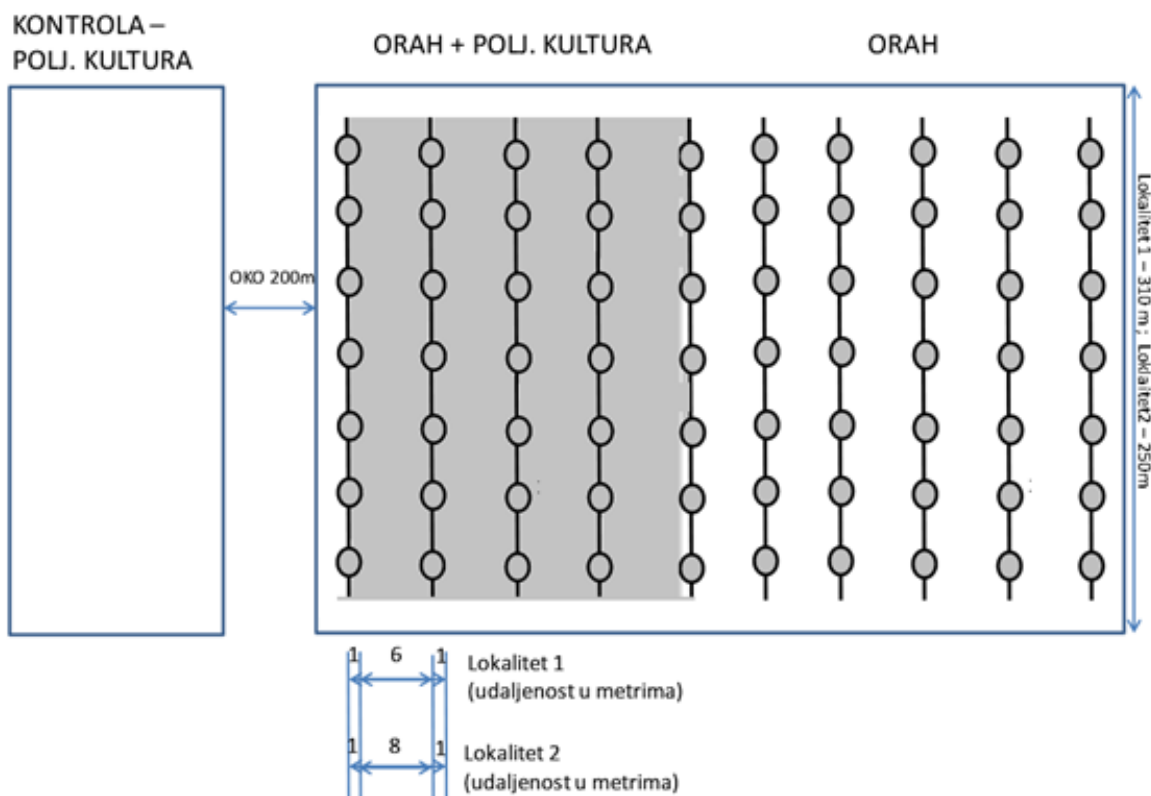
Heljda je izvrstan postrni pokrovni usjev koji podiže kvalitetu tla i štiti ga od nepovoljnih vremenskim prilika, akumulira i konzervira vlagu i povećava biološku raznolikost agroekosustava i samim time održivost poljoprivredne proizvodnje (Rosa, 2015.). Heljda štiti tlo sa svojom biomasom od izravnog sunčevog zračenja čime konzervira vlagu i čuva mikroorganizme u tlu te suzbija korove izravnom kompeticijom za vegetacijski prostor, svjetlo, vodu i hraniva a korištena za siderat vraća hranjive komponente koje je iznijela u zemlju i obogaćuje arabilni dio tla sa organskom masom i poboljšava uvjete za napredak mikro i makro flore i faune tla. Uvjet da heljda uspije kao postrna kultura je dostatna količina oborina ali navodi se da je upravo ona najlakše i najbrže rješenje za postrni usjev uz zadovoljavajuće prinose i u sušnijim uvjetima (Šimunić i sur., 2010.).

3. MATERIJAL I METODE

3.1 Lokaliteti istraživanja

Postavljanje pokusa i izrada diplomskog rada je provedena u sklopu projekta Hrvatske zaklade za znanost „Konsocijacija drvenastih vrsta i poljoprivrednih kultura kao inovativni pristup u agroekosustavima“ (UIP-2017-05-7103).

Terensko istraživanje postavljeno je u istočnoj Hrvatskoj na dva lokaliteta, u Đakovu gdje se nalazi voćnjak oraha starosti 11 godina i u Ivankovo gdje se nalazi voćnjak star 4 godine. Terenska istraživanja sastojala su se od tri parcele na svakoj lokaciji: kontrolne parcele heljde bez oraha, voćnjaka oraha s međuredno usijanom heljdom i voćnjaka oraha bez međuredno usijane heljde. U Đakovu su trake između oraha bile široke 8 metara, u kojima se usijavala heljda na širinu od 6 metara krajem svibnja 2019. godine dok je u Ivankovu širina traka između oraha iznosila 10 metara a heljda je usijana na traku širine 8 metara početkom lipnja 2019 godine.



Slika 6. Shema pokusa

3.2 Agrokemijske analize tla

3.2.1. pH

pH predstavlja negativnu dekadsku koncentraciju vodikovih iona, odnosno njihovog aktiviteta, a određuje se kako bi se dobio uvid u agrokemijska svojstva tla.

Određen je u vodi i otopini KCl-a. Postupak određivanja pH započinje sa vaganjem 10 grama tla koje se potom prelije sa 25 ml destilirane vode, odnosno 1 M KCl i dobro homogenizira, a nakon što otopina odstoji 30 minuta mjeri se pH vrijednost u suspenziji tla s pH metrom. (ISO, 1994.).

3.2.2. Lakopristupačni P i K

Vrijednosti lakopristupačnog fosfora i kalija utvrđene su uz pomoć AL metode.

Ekstrakcija navedenih makroelemenata obavlja se pufernom otopinom amonij-laktata (pH= 3,75). Iz pripremljenog i osušenog uzorka izvaže se 5 grama tla i prenese u plastične boce u koje se potom preliju sa 100 ml ekstrakcijske AL otopine i izmućka na mućkalici pri sobnoj temperaturi brzinom 30 do 40 okretaja u minuti, u periodu od 2 do 4 sata. Fosfor se određuje plavom metodom dok se pristupačnost kalija određuje direktno iz ekstrakta tla emisijskom tehnikom na atomskom apsorpcijskom spektrofotometru (AAS).

3.2.3. Humus

Humus je tamna, organska tvar koja popravlja strukturu tla i utječe na poboljšanje vodozračnih odnosa, nastala kao proizvod mikrobiološkog razlaganja biljaka i životinja, odnosno organske tvari, gdje se prilikom raspada stvara CO₂ koji je biljci potreban za asimilaciju a u tlu se aktiviraju biljci nepristupačni kemijski spojevi i mineralni sastojci koji potom postaju biljkama pristupačni. Humus se određuje standardnom bikromatnom metodom mokrog spaljivanja uzoraka koji su prethodno prosijani kroz sito promjera 2 milimetra. A zbog velike varijabilnosti u rezultatima, vrlo često se prosijani uzorci tla dodatno melju kako bi se postigla veća finoća čestica promjera 0,25 mm (ISO, 1998).

3.3 Određivanje insolacije

Tijekom vegetacijskog razdoblja mjereno je sunčevo zračenje u više navrata (travanj, lipanj, srpanj, rujanj i studeni) u sjeni krošnje i na sredini trake tijekom vedra dana bez oblaka (slika 8.). Sunčevo zračenje je mjereno sa luksmetrom SO 200K, proizvodom od Sauter-a, čije je mjerno područje osvjetljenja od 0,1 do 200000 luksa, koji trenutno ispisuje rezultate na svom zaslonu i ima funkciju samo čitanja, bez snimanja podataka.



Slika 7. Uredaj za mjerenje sunčevog zračenja (izvor: autor)

Tijekom vegetacije obavljeno je i mjerenje širine krošnje oraha, gdje su se mjerile najduže i najkraće međusobno okomite grane (slika 9.). Mjerenje širine krošnje se obavilo na početku vegetacije u travnju te na kraju vegetacije početkom studenog. Iz dobivenih podataka izvučene su srednje vrijednosti.



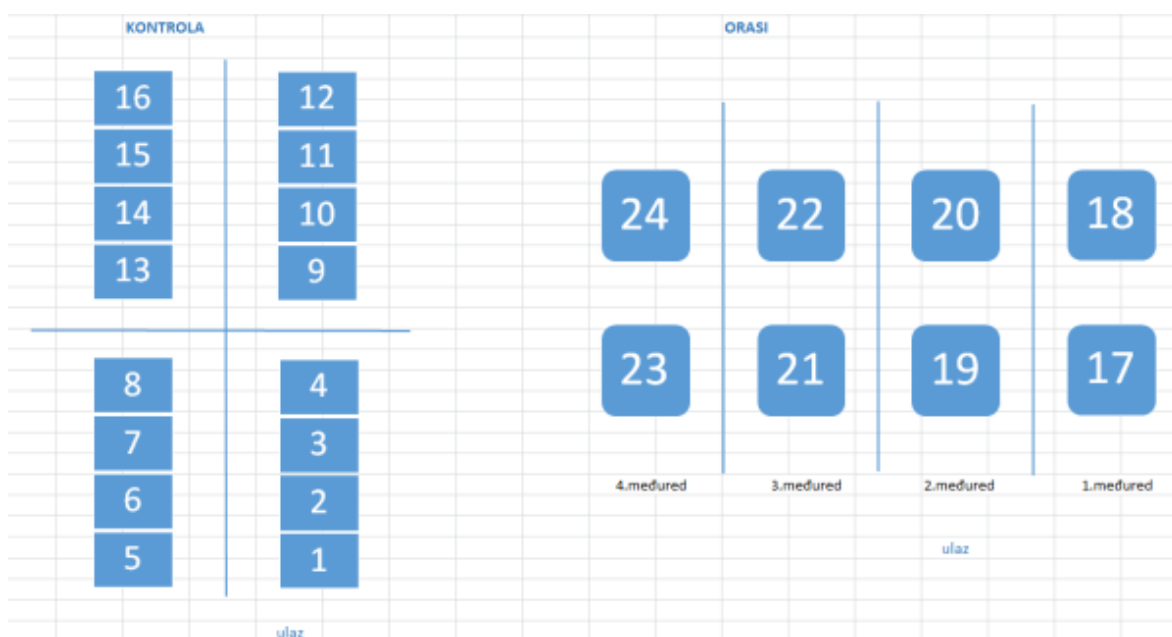
Slika 8. Mjerenje insolacije (izvor: autor)



Slika 9. Mjerenje širine krošnje (izvor: autor)

3.4. Određivanje prinosa heljde

Prinos heljde je određen metodom slučajnih kvadrata, gdje se kvadratni okvir (1m^2) polaže na tlo i označi površinu koju treba uzorkovati. Broj uzoraka je vrlo značajna odluka u istraživanju jer prevelik broj uzoraka predstavlja trošak vremena, dok nedovoljan broj uzoraka može rezultirati greškom u interpretaciji podataka (Eckblad, 1991.). Tehnika koja se najčešće primjenjuje je uzimanje uzoraka na istraživanoj površini slučajnim rasporedom (Cochran, 1977.). Prilikom žetve odabrano je 24 lokacije uzorkovanja, 16 lokacija na kontroli i 8 lokacija u konsocijaciji. Na odabranu lokaciju postavljen je kvadratni okvir (1m^2) iz kojeg je prebrojan broj jedinki heljde, te izračunat prinos i postotak suhe tvari. Na istim uzorcima utvrđen je i broj korova.



Slika 10. Prikaz uzimanja uzoraka za određivanje prinosa heljde

3.5. LER

Omjer ekvivalentne vrijednosti zemljišta definiran je kao omjer proizvodne površine pod monokulturom i površine pod međusjedom koja je potrebna za dobivanje jednakih prinosa na istoj razini upravljanja (Ong & Kho, 2015.). Omjer ekvivalentnog zemljišta (LER) procijenjen je iz prinosa ploda usjeva i oraha kao odnos prinosa drveća iz

konsocijacijskog sustava u prinosu stabla monokulture plus omjer prinosa heljde iz konsocijacijskog sustava u prinosu monokulture usjeva kao što je prikazano u jednadžbi 1:

$$\text{Jed. 1} \quad \text{LER} = \frac{\text{prinos oraha u konsocijaciji}}{\text{prinos oraha u monokulturi}} + \frac{\text{prinos heljde u konsocijaciji}}{\text{prinos heljde u monokulturi}}$$

Kada je $\text{LER} \leq 1$, nema agronomske prednosti zasijavanja međuusjeva u odnosu na pojedinačni usjev, ali kada je $\text{LER} > 1$, proizvodnja u konsocijacijskom sustavu je veća nego u zasebnim monokulturnim sustavima usjeva.

3.6 Statistička obrada podataka

Za određivanje statistički značajnih razlika agrokemijskih parametara i prinos heljde između lokaliteta korištena je analiza varijance (ANOVA) dok je korelacija korištena za analizu povezanosti intenziteta svjetlosti tijekom promatranog razdoblja.

4. REZULTATI

Obradom podataka utvrđena je statistički značajna razlika prinosa u Đakovu gdje je prinos unutar aleja oraha, iako manjeg iznosa, u konačnici povećao produktivnost zemljišta (LER 1,05) u odnosu na kontrolno zemljište. Kemijska analiza tla pokazala je da u Đakovu postoje statistički značajne razlike raspoloživog kalija, kao i značajno veći postotak organske tvari tla (humusa) u voćnjaku nego u poljoprivrednom kontrolnom polju, kontradiktorno, prinosi heljde bili su niži, što ukazuje na važnost svjetlosti i efekt sjenčanja kao svojstava koja su važnija od svojstva tla (Dufour i sur., 2013.) (Talbot i sur., 2014.). Statistička značajna razlika između voćnjaka i kontrolnog polja za pH tla i raspoloživi fosfor je izostala (tablica 1).

U Ivankovu, gdje je mlađi voćnjak, nije bilo statističke značajne razlike između prinosa heljde u konsocijacijskom sustavu u odnosu na kontrolno poljoprivredno polje. Učinak zasjenjenja je bio zanemariv. Nadalje, utvrđena je statistički značajna razlika u voćnjaku u odnosu na kontrolno polje za pH tla, sadržaj raspoloživog kalija i sadržaj humusa dok je statistički značajna razlika dostupnog fosfora izostala (tablica 1).

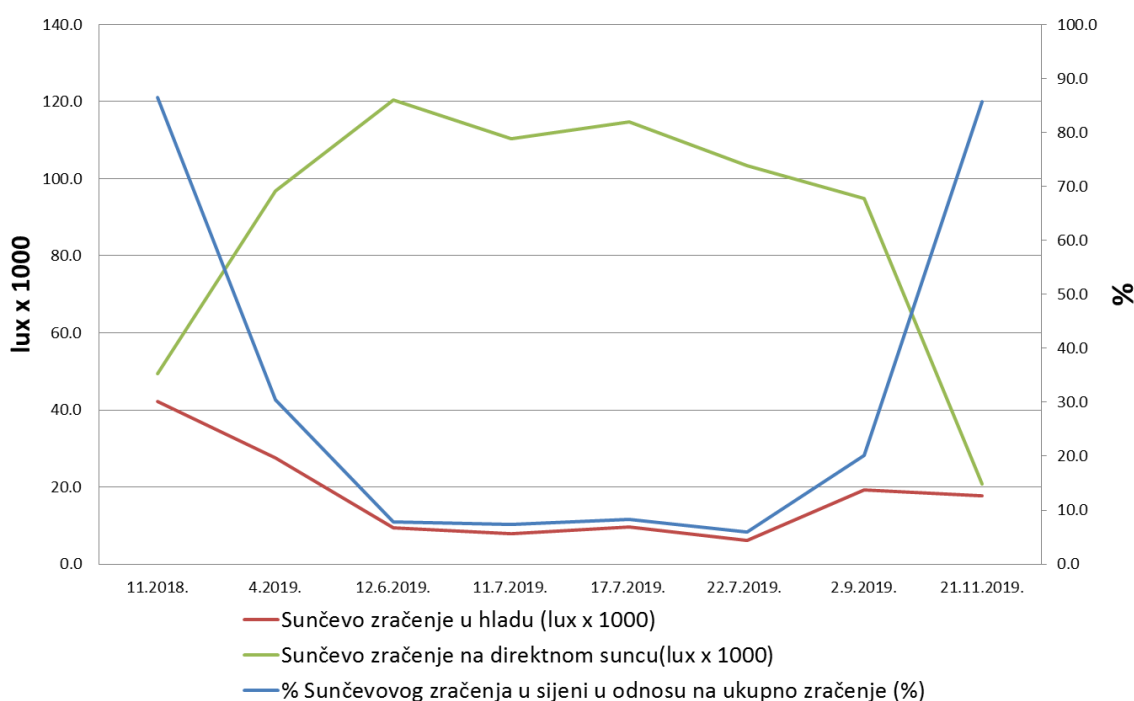
Tablica 1. Agrokemijska svojstva tla

		ĐAKOVO		IVANKOVO	
		n		n	
pH	voćnjak	8	5.9	8	7.3 ^a
	polje	16	5.7	4	6.0 ^b
AL-P ₂ O ₅ mg/100g	voćnjak	8	7.9	8	16.1
	polje	16	9.3	4	13.4
AL-K ₂ O mg/100g	voćnjak	8	17.1 ^a	8	18.2 ^a
	polje	16	11.9 ^b	4	21.9 ^b
HUMUS %	voćnjak	8	2.2 ^a	8	1.5 ^a
	polje	16	1.7 ^b	4	1.7 ^b
PRINOS t/ha	voćnjak	8	1.8 ^a	8	2.5
	polje	16	2.5 ^b	4	1.7

n-broj uzoraka, a i b označavaju značajnu statističku razliku između voćnjaka i kontrolnog polja

Tijekom vegetacijskog razdoblja postoji značajna razlika u sunčevom zračenju u sjeni krošnje i na izravnom suncu. Na izravnoj sunčevoj svjetlosti, mjerenoj na sredini reda između drvoreda, najveće sunčevo zračenje izmjereno je po vedrom danu tijekom lipnja i

srpnja i iznosilo je od 100 000 do 120 000 luksa dok je najmanje sunčevo zračenje na sredini reda izmjereno u studenom i vrijednosti su mu se kretale od 20 000 do 50 000 luksa. U hladu krošnje najviše sunčevo zračenje je izmjereno tijekom studenog, u vrijeme kad je lisna masa opala sa drveća, u rasponu od 17 000 do 42 000 luxa, dok je najmanje sunčevo zračenje u sjeni krošnje očekivano bilo tijekom ljetnih mjeseci i iznosilo je 6 000 do 8 000 luksa. U korelaciji direktnog sunčevog zračenja u odnosu na sunčevo zračenje u sjeni krošnje mjereno u studenom, 85 % sunčevog zračenja prolazi kroz krošnju bez lisne mase, u travnju pak 30 %, u listopadu 20 %, dok je u ljetnim mjesecima u rasponu od 6 do 8 % (graf. 1).



Graf. 1. Prikaz insolacije i zasjenjivanja

Rezultati prinosa heljde pokazali su statistički značajno niže prinose u starijem voćnjaku u usporedbi s kontrolnim zemljištem zbog preklapanja vegetacije s razgranatim orasima što je rezultiralo smanjim urodom za 28 %, a takvi podatci potvrđuju važnost svjetlosti tijekom vegetacijskog razdoblja kao jednog od glavnih faktora prinosa.

Omjer ekvivalentne vrijednosti zemljišta (LER) za Ivankovo ne postoji jer je voćnjak oraha u Ivankovu još premlad i do sada nije donio nikakav prinos oraha, dok prinos oraha u Đakovu nije homogeno raspoređen na svih deset jednako dugačkih redova. Tako imamo prinos oraha iz prvih pet redova koji redovno iznosi oko 30 % ukupnog prinosa oraha, dok je drugih pet redova imalo oko 70 % ukupnog prinosa oraha. Kako bi se poboljšao prinos u tih prvih pet redova, unutar njih se usijala heljda (konsocijacija heljda/orah) te se promatrao utjecaj konsocijacije na prinos tih pet redova ali i na ukupni prinos u voćnjaku. Tako imamo prinos oraha od 378 kilograma u pet redova gdje se provodila konsocijacija dok je na kontrolnom voćnjaku oraha prinos oraha iznosio 746 kilograma po hektaru. Prinos konsocijacijsko međuredno usijane heljde iznosio je 1,8 tone po hektaru, međutim, budući da je zasijana površina iznosila 6 metara od 8 metara međurednog prostora, realni prinos heljde po hektaru u konsocijacijskom sustavu bio je zapravo 1,35 tone po hektaru dok je prinos na kontrolnom polju iznosio 2,5 tone po hektaru.

Sumirano, prinos oraha u konsocijacijskom sustavu iznosio je 51 % (0,51) prinosa oraha u kontrolnom voćnjaku oraha dok je prinos heljde iznosio 54 % (0,54) prinosa heljde u kontrolnom polju heljde. U konačnici, rezultat svega govori da je konsocijacijski uzgoj pokazao ekvivalentnu vrijednost zemlje (LER) od 1,05 (jed. 2), što govori da je međuredno usijana heljda između ovih redova oraha niske produktivnosti povećala proizvodnju ovog dijela lokaliteta za 5 % u odnosu na visoko produktivno područje (drugih pet redova orahovih stabala).

$$\text{Jed. 2} \quad LER = \frac{378 \text{ kg/ha}}{746 \text{ kg/ha}} + \frac{1.35 \text{ t/ha}}{2.5 \text{ t/ha}} = 1.05$$

5. RASPRAVA

Konsocijacija uključuje kombiniranje više biljnih vrsta na istoj parceli istovremeno. Kombinacija drvenastih kultura s poljoprivrednim kulturama na istoj parceli rezultira boljom upotrebom proizvodnog područja i povećanom raznolikosti proizvodnje u jednoj vegetaciji, utječe na bolje iskorištavanje hranjivih sastojaka i vode iz tla, pokazuje pozitivan utjecaj na plodnost tla, utječe na mikroklimatske uvjete, povećava otpornost biljaka na stresne uvjete uzrokovane sušom i poplavom, povećava zaštitu od biljnih bolesti, štetočina i korova (Quinkenstein i sur., 2009.; Schoeneberger i sur., 2012). Ali postavlja se pitanje koja je cijena takvog pothvata, odnosno koliko je isplativ ili produktivan takav sustav i kakvi bi bili prinosi poljoprivrednih kultura uzgajanih u takvim sustavima. Ovaj pokus je proveden u cijepljenom voćnjaku oraha sa smanjenim izlučivanjem juglona, koji može imati toksičan učinak na klijanje drugih biljaka, a Scott i Sullivan (2007.) navode da upravo takvi voćnjaci u prvih 15 godina imaju smanjenu aktivnost i izlučivanje juglona te ne predstavljaju neki značajan toksični učinak.

U konsocijaciji zimski usjevi imaju veliku prednost nad proljetnim usjevima zbog konkurencije usjeva drveća i manjeg sjenčanja. Najbolja kombinacija je s listopadnim vrstama stabala s kasnim otvaranjem pupoljka poput oraha (Dufour i sur, 2013.) a upravo zbog toga orah se smatra stablom prikladnim za uporabu u agrošumarskom sustavu, dok je s ekonomskog aspekta drveće oraha važno zbog plodova i vrijednog trupca (Reisner i sur., 2007.). Takav sustav kombiniranja proizvodnje ratarskih kultura uz redove stabala nudi obećavajuću alternativu za korištenje i produktivnost zemljišta (Tsonkova i sur., 2012.).

U agrošumarskim sustavima konkurencija svjetla, vode i hranjivih sastojaka smatra se glavnim čimbenicima koji utječu na prinos usjeva, zbog toga je uz vrstu drveća i usjeva bitan i prostorni raspored (Luedeling i sur., 2016.). U istraživanju Artru i sur. (2016.), koriste umjetnu sjenu koja je sjenčala pšenicu, što je dovelo do manjih veličina zrna pšenice, a to je bila posljedica remobilizacije dušika akumuliranog u biljci, i njegove translokacije do zrna što je rezultiralo većom koncentracijom proteina u zrnu.

Arenas-Corraliza i sur. (2018.) također su napravili istraživanje u kojem su oponašali efekt sjene sa staklenim kućama u kojima je zasjena iznosila 0 %, 10 % i 50 %. Istraživanje se provelo na ozimoj pšenici i zimskom ječmu i na 9 njihovih različitih sorti. Rezultati su

pokazali da je ozima pšenica u svim ispitivanim sortama dala najviše prinose s 10 % -tnom zasjenom, a zimski ječam ponajviše sa 50 % -nim učinkom sjene s naglaskom da je pri odabiru kulture jako bitan i odabir sorte kojoj će najbolje odgovarati konsocijacijski uvjeti rasta i razvoja, odnosno odabir sorti orijentiranih na stres u sjeni. Nadalje, navode da u svom istraživanju silvoarabilnog sustava s ozimim žitaricama, ječam je imao veći prinos od kontrolne monokulture u godinama s ranim toplinskom udarima i to za 55 % u prvoj godini i 15 % u drugoj godini dok je kod pšenice u konsocijacijskom sustavu uzgajanja došlo do poboljšane kvalitete zrna (2,56% i 2,76% dušika) u odnosu na kontrolu. Nadalje, pšenica u prvoj godini nije pokazala značajne razlike u prinosu zrna, dok su u drugoj godini prinosi bili značajno niži u konsocijacijskom uzgoju. U trećoj godini konsocijacijski silvoarabilni sustav proizveo je znatno manji prinos zrna i ječma i pšenice u odnosu na kontrolno polje. Također, uz povećan sadržaj dušika porastao je i sadržaj kalija u zrnu koji je bio značajno veći u konsocijacijskom uzgoju, nego u kontrolnom polju, a to može biti povezano sa sinergijskim odnosom između dušika i kalija (Carvalho i sur. 2016).

Omjer ekvivalenta zemljišta (LER) i u istraživanju Arenas-Corraliza i sur. (2018.) bio je veći od 1, u intervalu od 1,34 do 2,08, što ukazuje da je silvorabilan proizvodni sustav produktivniji od tradicionalnog ratarstva i da bi se njegova implementacija u konvencionalnu poljoprivredu trebala događati češće. Nadalje, biljna biomasa, kako pokazuju rezultati istraživanja bila je veća u konsocijacijskom sustavu u ječmu prve i druge godine, dok pšenica nije pokazala značajnu razliku u odnosu na kontrolno polje. U trećoj godini, kada su klimatski uvjeti bili povoljniji za ozime žitarice, konsocijacijski uzgoj je imao znatno niže prinose biomase u obje vrste.

Pardon i sur. (2019.) u svom istraživanju navode da je prinos svih ispitivanih kultura (kukuruz, ozima pšenica, šećerna repa, ozimi ječam i ozimi tritikale) smanjen kao rezultat prisustva stabala, a najveći pad prinosa je zabilježen za kukuruz i za šećernu repu u blizini stabala. Također, navode da se dogodila i promjena kvalitete usjeva u blizini stabala gdje je se pojavila smanjena koncentracija suhih tvari u uzorcima zrna zimskog ječma, tritikala i kukuruza. Nadalje, autori navode da je najveći pad prinosa usjeva zabilježen na uzorkovanju parcele najbliže rubu polja gdje je prinos bio 36, 33, 40 i 75 % niži u blizini stabala za ozimi pšenicu, ozimi tritikale, šećernu repu i kukuruz, u usporedbi na kontrolno polje, a prosječno smanjenje prinosa usjeva u konsocijaciji u blizini stabala, na razdaljini

od 3 do 30 metara, iznosilo je 5.0, 10.6, 11.9, 14.8 i 7.8 % za ozimnu pšenicu, ječam, ozimi tritikale, šećernu repu i kukuruz, u usporedbi s kontrolom.

Pardon i sur. (2019.) također navode da u svom istraživanju u proučavanoj zoni, između 3 i 30 metara od reda stabala, imaju povećane vrijednosti humusa od 2,3 tone po hektaru što potvrđuje potencijal agrošumarstva za podzemno skladištenje atmosferskog ugljika a u arabilnom sloju tla (0–30 centimetara) prosječno povećanje ukupne zalihe dušika od 25 kilograma po hektaru. Cardinael i sur. (2017.) objašnjavaju da čimbenici za primijećene učinke povećanja organske mase u arabilnom sloju odgovaraju unosu otpalog lišća drveća i u manjoj mjeri putem raspadanja grana i korijena. A kako agrošumarski sustavi mijenjaju mikroklimu prostora oko drveća, povećana hladovina i vlažnost tla dovodi do povećane aktivnosti mezo i makro faune tla (Jose i sur., 2000.), a to rezultira povoljnijim raspadanjem organske tvari, što ubrzava otpuštanje hranjivih tvari.

Proizvodnja oraha doista varira zavisno od godine i načina gospodarenja. Oosterbaan (2015) procjenjuje da u Nizozemskoj prosječna godišnja proizvodnja oraha iznosi 5 kilograma za stablo od 10 godina starosti, 10 kilograma za stablo staro 20 godina te godišnja proizvodnja od prosječno 18 kilograma po stablu starosti 30 i više godina.

Isti autor navodi da orah također može proizvesti visokokvalitetno i vrlo cijenjeno drvo, te ovisno o sorti i načinu upravljanja drvećem, u pravilu se može dobiti 1 m³ oraha nakon 50 godina.

Reisner i sur. (2007.) su uz pomoć geografskog informacijskog sustava (GIS) identificirali ciljane poljoprivredne i šumarske regije Europe u kojima je produktivan rast stabala oraha, trešnje, topole, hrasta i bora u sustavima konsocijacije. Analiza podataka je pokazala da ispitivane vrste drveća mogu produktivno rasti u sustavima silvoarabilnog agrošumarstva na 56 % obradivog zemljišta Europe. Također, 80 % obradivog zemljišta Europe klasificirano je kao potencijalno rizično područje za eroziju tla i ispiranje nitrata, i preklapanjem potencijalno plodnih površina za rast stabala s obradivim zemljištem koje se smatralo rizičnim područjem otkriveno je da silvoarabilno agrošumarstvo može doprinijeti zaštiti tla za 4 % i ublažiti ispiranje nitrata za 18 %.

Cardinael i sur.(2015.) istražili su rast korijenja u voćnjaku cijepljenog oraha starog 17 godina u kojem je bila usijana tvrda pšenica, dok je kontrola oraha imala prirodno

podnožje. U profilima iskopanim na dubinu od 150 centimetara u kontroli i konsocijaciji, i na profilu dubokom 400 centimetara u konsocijaciji napravljen je presjek korijena. Rezultati su pokazali u kontroli oraha vrlo visoku gustoću sjecišta korijena stabla u gornjih 50 cm i lagano smanjenje gustoće sjecišta korijena s povećanjem dubine tla, dok je u konsocijaciji gustoća sjecišta korijena bila znatno niža na 50 cm, zbog dubljeg prodora i okomite orijentiracije korijena. Mreža mladih korijenčića proširila se u dubinu i izravno smanjila konkurenciju korijena iz usjeva. Nadalje, ista skupina autora 2016. nastavlja istraživanje i utvrđuju da se duboki rast korijena, na dubinu ispod 2,5 metara, događa u zimskom periodu kad nema vegetacije i u proljetnom tijekom perioda otvaranja pupova, nakon čega se razvija plitko korijenje do ljetnog razdoblja. Upravo ovi i slični rezultati govore o efikasnosti i uspješnosti konsocijacijskog sustava korištenja, gdje se uspostavlja simbioza, između odabranih uzgojnih kultura ali svakako zahtjeva daljnje ispitivanje i istraživanje boniteta konsocijacijskog sustava.

6. ZAKLJUČAK

- Mjerenje insolacije na izravnoj sunčevoj svjetlosti, na sredini reda između drvoreda, pokazuje najviše vrijednosti tijekom lipnja i srpnja (100 000-120 000 luksa), dok su najniže izmjerene u studenom (20 000-50 000 luksa).
- U hladu krošnje najviše sunčevo zračenje je izmjereno tijekom studenog (17 000-42 000 luxa), dok je najmanje sunčevo zračenje u sjeni krošnje tijekom ljetnih mjeseci (6 000-8 000 luksa).
- Korelaciji direktnog sunčevog zračenja u odnosu na sunčevo zračenje u sjeni krošnje mjereno u studenom, 85 % sunčevog zračenja prolazi kroz krošnju, u travnju pak 30 %, u listopadu 20 %, dok je u ljetnim mjesecima u rasponu od 6-8 %
- Usijavanje heljde između redova oraha u slabo produktivnim voćnjacima (Đakovo) može povećati produktivnost takvog područja čak i ako su prinosi heljde statistički znatno niži u odnosu na prinose u kontrolnom poljoprivrednom zemljištu (LER=1,05).
- U Ivankovu, gdje je mlađi voćnjak, nije bilo statističke značajne razlike između prinosa heljde u konsocijacijskom sustavu u odnosu na kontrolno poljoprivredno polje. Učinak zasjenjenja je bio zanemariv.
- Istraživanja koja su vršila ispitivanje zasjenjivanja na prinose usjeva pokazala su da prinosi usjeva u konsocijacijskom sustavu obično drastično opadnu oko 8-10 godina od sadnje.
- Rezultati našeg istraživanja su pokazali da je efekt zasjenjenja pokretačka sila koja kontrolira prinose heljde u takvim isprepletenim sustavima.

7. LITERATURA

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: 111–118.
2. Artru, S., Garré, S., Dupraz, C., Hiel, M.P., Blitz-Frayret, C., Lassois, L.(2016):Impact of spatio-temporal shade dynamics on wheat growth and yield,perspectives for temperate agroforestry.*European Journal of Agronomy*, 82: 60–70.
3. Björkman, T., Bellinder, R.R., Shail, J. (2008.): *Buckwheat cover crop handbook*. Cornell University
4. Bystricka, J., Musilova, J., Tomas, J., Vollmannova, A., Lachman, J., Kavalcova, P. (2014.): Changes of Polyphenolic Substances in the Anatomical Parts of Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench.) during Its Growth Phases. *Foods*, 3: 558-568.
5. Campbell, C.G., Heller, J.(1997.): *Buckwheat, Fagopyrum esculentum* Moench. Promoting the conservation and use of underutilizes and neglected crops. 19. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research,International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
6. 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 a Mediterranean alley cropping agroforestry system. *Plant and Soil*, 391: 219–235.
7. Cardinael,R., Germon, A., Prieto, I., Mao, Z., Kim, J., Stokes, A., Dupraz, C., Laclau, J., Jourdan, C. (2016): Unexpected phenology and lifespan of shallow and deep fine roots of walnut trees grown in a silvoarable Mediterranean agroforestry system. *Plant and Soil*, 401: 409–426.
8. Cardinael, R., Chevallier, T., Cambou, A., Béral, C., Barthès, B.G., Dupraz, C., Durand, C., Kouakoua, E., Chenu, C.(2017) : Increased soil organic carbonstocks under agroforestry: a survey of six different sites in France. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 236: 243–255.
9. Carvalho, J.M.G., Bonfim-Silvia, E.M., Silva, T.J.A., Sousa, H.F., Guimaraes, S.L., Pacheco,A.B., (2016): Nitrogen and potassium in production, nutrition and water

- use efficiency in wheat plants. *Cienc. Inv. Agr.* 43, 442–451.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-16202016000300010>
10. Cochran, W.G. (1977.): Sampling techniques. 3rd edition. Wiley, New York, USA.
 11. Den Herder, M., Moreno, G., Mosquera-Losada, M.R., Palma, J.H.N. (2017): Current extent and stratification of agroforestry in the European Union. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 241: 121-132
 12. Dufour, L., Metay, A., Talbot, G., Dupraz, C. (2013): Assessing Light Competition for Cereal Production in Temperate Agroforestry Systems using Experimentation and Crop Modelling. *J Agro Crop Sci*, 199:217–227
 13. Eckblad, J. (1991.): How many samples should be taken? *BioScience*, 41: 346-348.
 14. Eskelsen, S.R., Crabtree, G. D. (1995.): The role of allelopathy in buckwheat (*Fagopyrum sagittatum*); inhibition of Canada thistle (*Cirsium arvense*). *Weed Science*, 43:70-74.
 15. Gagro, M. (1997.): *Žitarice i zrnate mahunarke*. Prosvjeta d.d., Zagreb.
 16. Gondola, I., Papp, P. P. (2010.): Origin, Geographical Distribution and Phylogenetic Relationships of Common Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench.). *The European Journal of Plant Science and Biotechnology*, 4: 17-32 .
 17. International Organization for Standardization (1994.): Soil quality – Determination of pH. ISO 10390:1994.
 18. International Organization for Standardization (1998.): Soil quality – Determination of organic carbon by sulfochromic oxidation. 14235:1998.
 19. Iqbal, Z., Hiradate, S., Noda, A., Isojuma, S., Fujii, Y. (2002.): Allelopathy of buckwheat: Assessment of allelopathic potential of extract of aerial parts of buckwheat and identification of fagomine and other related alkaloids as allelochemicals. *Weed Biology and Management*, 2: 110-115
 20. Jose, S., Gillespie, A.R., Seifert, J.R., Mengel, D.B., Pope, P.E. (2000) Defining competition vectors in a temperate alley cropping system in the midwestern USA; 3. Competition for nitrogen and litter decomposition dynamics. *Agroforestry Systems* 48: 61–77.
 21. Kalinová, J., Moudrý, J., Čurn, V. (2002.): Technological quality of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench). *Rostlinná Výroba*, 48: 279-284.
 22. Kreft, I., Germ, M. (2008.): Organically grown buckwheat as a healthy food and a source of natural antioxidants. *Agronomski glasnik : Glasilo Hrvatskog agronomskog društva*, Vol. 70: No. 4: 397-406.

23. Luedeling, E., Smethurst, P.J., Baudron, F., Bayala, J., Huth, N.I., van Noordwijk, M., Ong, C.K., Mulia, R., Lusiana, B., Muthuri, C., Sinclair, F.L.(2016):Field-scale modeling of tree-crop interactions: challenges and development needs.Agricultural Systems, 142: 51–69.
24. Luthar, Z. (1992.): Polyphenol classification and tannin content of buckwheat seeds (*Fagopyrum esculentum* Moench). *Fagopyrum*, 12 :36-42.
25. Mcneely, J.,Scherr, J.S.(2008.): Biodiversity conservation and agricultural sustainability: Towards a new paradigm of 'ecoagriculture' landscapes. *Philosophical Transactions of The Royal Society B: Biological Sciences*, 363: 477-94.
26. Mindell, E.(1998.);Hrana kao lijek. Mozaik knjiga, Zagreb.
27. Ong, C.K., Kho, R.M. (2015): A framework for quantifying the various effects of tree-crop interactions. University of Nottingham, Malaysia.
28. Oosterbaan, A.(2015): Walnoot+ Een boom voor iedereen. BoekenGilde, Netherlands.
29. 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*. Cambridge University Press: 1-17.
30. Pospišil, A., (2010.): Ratarstvo I.dio. Zrinski d. d., Čakovec.
31. Radics, L., Mikóházi, D. (2010.): Principles of Common Buckwheat Production. *The European Journal of Plant Science and Biotechnology*: 57-63.
32. Reisner, Y., de Filippi, R., Herzog, F., Palma, J.(2007.): Target regions for silvoarable agroforestry in Europe.*Ecological Engineering*, 29: 401–418.
33. Rosa, R. (2015.): The effects of winter catch crops on weed infestation in sweet corn depending on the weed control methods. *Journal of Ecology Engineering*, 16: 125-135.
34. Samson, R.A. (1991.): The weed suppressing effects of cover crops. MacDonald College, Ste-Anne-de-Bellevue, Quebec, Canada.
35. Schoeneberger, M., Bentrup, G., Gooijer, H., Soolanayakanahally, R., Sauer, T., Brandle, J., Zhou, X., Current, D. (2012):Branching out: Agroforestry as a climate change mitigation and adaptation tool for agriculture. *Jounral of Soil and Water Conservation*, 67: 128-136.

36. Scott, R., Sullivan, W.C. (2007): A review of suitable companion crops for black walnut. *Agroforest System*, 71:185–193.
37. Skerritt, J.H.(1986.): Molecular comparison of alcohol-soluble wheat and buckwheat proteins. *Cereal Chem.* 63: 365-369.
38. Stipešević, B., Šamota, D., Jug, D., Jug, I., Kolar, D., Vrkljan, B., Birkas, M. (2008.): Effects of the second crop on maize yield and yield components in organic agriculture. *Agronomski glasnik* 5/2008. ISSN 0002-1954.
39. Šimundić, B.(2008.): *Prehrambena roba*. Bendić papir d.o.o.,Rijeka.
40. Šimunić, B., Šimon, M., Stipešević, B., Brozović, B., Stošić, M., Tomičić, J.,Kolar, D., Mikić, B., Mladenović-Drinić, S., Kratovalieva, S. (2010.): Different fertilization systems for buckwheat sown as post-harvest crop. In *Proceedings of 3rd international scientific/professional conference Agriculture in Nature and Environment Protection*, Glas Slavonije,Vukovar : 239-244.
41. Talbot, G., Roux, S., Graves, A., Dupraza, C., Marroua, H.,Weryc, J.(2014.):Relative yield decomposition: A method for understanding the behaviour of complex crop models. *Environmental Modelling Software*, 51:136–148 .
42. Tamura, H., Honda, M., Sato, T., Kamachi, H. (2005.): Pb hyperaccumulation and tolerance in common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench). *Journal of Plant Research*, 118: 355-359.
43. Todorović, M., Lazić, B., Komljenović, I. (2003.): *Ratarsko –povrtarski priručnik*. Grafomark, Laktaši.
44. Tomašević, A.(1996.):Vjetrozaštita sinjskog polja.Šumarski list. Zagreb, br 1-2: 19-34.
45. Tsonkova, P., Böhm, C., Quinkenstein, A., Freese, D.(2012.): Ecological benefits provided by alley cropping systems for production of woody biomass in the temperate region. *Agroforestry Systems*, 85: 133–152.
46. Quinet, M., Cawoy, V., Lefèvre, I., Van Miegroet, F., Jacquemart, A.L., Kinet, J.M. (2004.): Inflorescence structure and control of flowering time and duration by light in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench). *Experimental Botany*, 55: 1509-1517.
47. Quinkenstein, A., Wöllecke, J., Böhm, C., Grünewald, H., Freese, D., Schneider, B.U., Hüttl, R.F. (2009.):Ecological benefits of the alley cropping agroforestry system in sensitive regions of Europe. *Environmental Science & Policy*, 12: 1112-1121.

Web Literatura

1. <http://www.worldagroforestry.org/>
2. <http://www.fao.org/faostat/en/?#data/QC>
3. <https://mellysfood.com/wp-content/uploads/2018/02/heljda.jpg>
4. <https://www.plantea.com.hr/heljda/>

8. SAŽETAK

Istraživanje prinosa heljde u konsocijacijskom uzgoju provedeno je na dvije lokacije, u Đakovu gdje se nalazi 11 godina star voćnjak oraha te u Ivankovu na voćnjaku starosti 4 godine. Na obje lokacije se pokus postavio s kontrolnim poljem heljde, kontrolnim dijelom voćnjaka i konsocijacijskim dijelom gdje je heljda bila usijana između 5 nisko produktivnih redova. Tijekom vegetacije utvrđen je agrokemijski sastav tla, mjerena je širina krošnje zbog utvrđivanja efekta zasjenjivanja te insolacija dok je prilikom žetve izračunat prinos i utvrđena brojnost korova te naposljetku omjer ekvivalentne vrijednosti zemljišta (LER). Rezultati su pokazali da je korelacija direktnog sunčevog zračenja u odnosu na sunčevo zračenje u sjeni krošnje najniža u ljetnim mjesecima (6-8 %), potom u listopadu (20 %), dok je u travnju (30 %), a najviša u studenom gdje je krošnja bez lisne mase (85 %). Rezultati prinosa heljde pokazali su statistički niže prinose u starijem voćnjaku u usporedbi s kontrolnim zemljištem zbog preklapanja vegetacije s razgranatim orasima što je rezultiralo smanjnim urodom za 28 % ali povećala se ukupna produktivnost takvog područja (LER=1,05), dok u 4-godišnjem voćnjaku oraha nije bilo statističke značajne razlike između prinosa heljde u voćnjaku i na kontrolnoj parceli. Rezultati ukazuju da je moguće uzgajati poljoprivredne kulture poput heljde 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 heljde u takvim kombiniranim sustavima.

Ključne riječi : konsocijacija, heljda, orah, insolacija, prinos, LER

9. SUMMARY

Research on buckwheat yield in intercropped system has been demonstrated at two locations - in Djakovo where the 11-year-old walnut orchard is located and in Ivankovo, on a 4-year-old orchard. In both locations the experiment included a buckwheat control field, control parts of orchards and intercropped plots where buckwheat 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 was measured and the number of weeds was determined, and finally the land equivalent ratio (LER) was calculated. The results showed that the correlation of direct solar radiation with respect to the sun radiation in the shade of the canopy is lowest in the summer (6-8 %), then in October (20 %), while in April it was 30 %, and highest in November because of a leafless canopy (85 %). Buckwheat yields statistics showed lower yield in an older orchard compared to control field due to overlapping vegetation with branched nuts, resulting in yield reduction of 28 % but increased the overall productivity of such areas (LER = 1,05). The four year old walnut orchard had no statistically significant differences between the buckwheat yield in the orchard and the control field. 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, buckwheat, walnut tree, insolation, yield, LER

10. POPIS TABLICA I GRAFIKONA

Redni broj:	Sadržaj:	Stranica:
Tablica 1.	Agrokemijska svojstva tla	16

Redni broj:	Sadržaj:	Stranica:
grafikon 1.	Prikaz insolacije i zasjenjivanja	17

11. POPIS SLIKA

Redni broj:	Sadržaj:	Stranica:
Slika 1.	Uljana repica između drvoreda oraha	3
Slika 2.	Distribucija agrošumarstva po državama Europe	4
Slika 3.	Cvijet heljde	6
Slika 4.	Plod heljde	7
Slika 5.	Heljda u konsocijaciji sa orasima	9
Slika 6.	Shema pokusa	10
Slika 7.	Uređaj za mjerenje sunčeve insolacije	12
Slika 8.	Mjerenje insolacije	13
Slika 9.	Mjerenje širine krošnje	13
Slika10.	Prikaz uzimanja uzoraka za određivanje prinosa heljde	14

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
Sveučilišni diplomski studij, smjer Povrćarstvo i cvjećarstvo

Diplomski rad

UTJECAJ KONSOCIJACIJE ORAHA I HELJDE NA PRINOS HELJDE

Domagoj Radić

Sažetak:

Istraživanje prinosa heljde u konsocijacijskom uzgoju provedeno je na dvije lokacije, u Đakovu gdje se nalazi 11 godina star voćnjak oraha te u Ivankovu na voćnjaku starosti 4 godine. Na obje lokacije se pokus postavio s kontrolnim poljem heljde, kontrolnim dijelom voćnjaka i konsocijacijskim dijelom gdje je heljda bila usijana između 5 nisko produktivnih redova. Tijekom vegetacije utvrđen je agrokemijski sastav tla, mjerena je širina krošnje zbog utvrđivanja efekta zasjenjivanja te insolacija dok je prilikom žetve izračunat prinos i utvrđena brojnost korova te naposljetku omjer ekvivalentne vrijednosti zemljišta(LER). Rezultati su pokazali da je korelacija direktnog sunčevog zračenja u odnosu na sunčevo zračenje u sjeni krošnje najniža u ljetnim mjesecima(6-8 %), potom u listopadu (20 %), dok je u travnju(30 %), a najviša u studenom gdje je krošnja bez lisne mase(85 %). Rezultati prinosa heljde pokazali su statistički niže prinose u starijem voćnjaku u usporedbi s kontrolnim zemljištem zbog preklapanja vegetacije s razgranatim orasima što je rezultiralo smanjim urodom za 28 % ali povećala se ukupna produktivnost takvog područja(LER=1,05) , dok u 4-godišnjem voćnjaku oraha nije bilo statističke značajne razlike između prinosa heljde u voćnjaku i na kontrolnoj parceli. Rezultati ukazuju da je moguće uzgajati poljoprivredne kulture poput heljde 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 heljde u takvim kombiniranim sustavima.

Rad je izrađen pri: Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Mentor : doc.dr.sc. Vladimir Ivezić

Broj stranica: 32

Broj grafikona i slika: 11

Broj tablica: 1

Broj literaturnih navoda: 47

Broj priloga:

Jezik izvornika: Hrvatski

Ključne riječi: konsocijacija, heljda, orah, insolacija, prinos, LER

Datum obrane: 17.2.2020.

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 Vegetable and flower growing

Graduate thesis

BUCKWHEAT YIELD IN INTERCROPPED SYSTEMS OF WALLNUT AND BUCKWHEAT **Domagoj Radić**

Abstract :

Research on buckwheat yield in intercropped system has been demonstrated at two locations - in Djakovo where the 11-year-old walnut orchard is located and in Ivankaovo, on a 4-year-old orchard. In both locations the experiment included a buckwheat control field, control parts of orchards and intercropped plots where buckwheat 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 was measured and the number of weeds was determined, and finally the land equivalent ratio (LER) was calculated. The results showed that the correlation of direct solar radiation with respect to the sun radiation in the shade of the canopy is lowest in the summer (6-8%), then in October (20%), while in April it was 30%, and highest in November because of a leafless canopy (85%). Buckwheat yields statistics showed lower yield in an older orchard compared to control field due to overlapping vegetation with branched nuts, resulting in yield reduction of 28% but increased the overall productivity of such areas (LER = 1.05). The four year old walnut orchard had no statistically significant differences between the buckwheat yield in the orchard and the control field. 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: 32

Number of figures: 11

Number of tables: 1

Number of references: 47

Number of appendices:

Original in: Croatian

Key words: intercropping, buckwheat, walnut tree, insolation, yield, LER

Thesis defended on date : 17.2.2020.

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 1