

Utjecaj kultura kratkih ophodnji na kvalitetu tla

Balić, Ljudevit

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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:151:859300>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-23**



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

Ljudevit Balić

Sveučilišni prijediplomski studij Poljoprivreda,

Modul Bilinogojstvo

Utjecaj kultura kratkih ophodnji na kvalitetu tla

Završni rad

Osijek, 2024

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Ljudevit Balić

Sveučilišni prijediplomski studij Poljoprivreda,

Modul Bilinogojstvo

Utjecaj kultura kratkih ophodnji na kvalitetu tla

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu završnog rada:

1. izv. prof. Vladimir Ivezić, mentor
2. doc. dr. sc. Jurica Jović, član
3. izv. prof. Vladimir Zebec, član

Osijek, 2024

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
Sveučilišni prijediplomski studij Poljoprivreda, modul Bilinogojstvo

Završni rad

Ljudevit Balić

Utjecaj prihrane pšenice različitim dušičnim gnojivima na prinos

Sažetak: Kvaliteta tla ključna je za održivost poljoprivrede i proizvodnju hrane. Prema ranijim istraživanjima, Kulture kratkih ophodnji (KKO) imaju potencijal za poboljšanje kvalitete tla, posebno u kontekstu obnove degradiranih poljoprivrednih površina. Cilj ovog istraživanja bio je procijeniti utjecaj podizanja konsocijacijskih nasada KKO na poljoprivrednim tlima, s ciljem popravka kvalitete tla i smanjenje erozije uzrokovane vjetrom. U istraživanju su analizirane karakteristike tla kao što su sadržaj humusa, pH vrijednost, te koncentracije lakopristupačnog fosfora i kalija. Također, mjerena je erozija tla prikupljanjem lebdećih čestica te smjer i brzina vjetra. Rezultati su pokazali da nije bilo statistički značajnih razlika u karakteristikama tla između konsocijacijskih nasada i onih izvan njih, ali erozija je bila značajno manja unutar konsocijacijskih nasada. Zaključeno je, kako nasadi KKO pružaju značajnu zaštitu od erozije uzrokovane vjetrom, ali su potrebna dugoročnija istraživanja kako bi se procijenile promjene u kvaliteti tla.

Ključne riječi: Konsocijacija, Humus, pH, Fosfor, Kalij, Erozija

20 stranica, 10 tablica, 5 grafikona i slika, 12 literaturnih navoda

Završni rad je pohranjen u Knjižnici Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of agrobiotechnical science Osijek
Undergraduate university study Agriculture, course Plant production

BSc Thesis

Effect of application of different nitrogen fertilizers in topdressing on wheat yield

Abstract: Soil quality is essential for the sustainability of agriculture and food production. Previous research suggests that Short Rotation Woody Crops (SRWC) have the potential to improve soil quality, particularly in the context of restoring degraded agricultural land. The aim of this study was to evaluate the impact of establishing SRWC consociation systems on agricultural soils, with the goal of improving soil quality and reducing wind-induced erosion. The study analyzed soil characteristics such as humus content, pH value, and concentrations of readily available phosphorus and potassium. Additionally, soil erosion was measured by collecting airborne soil particles and monitoring wind direction and speed. The results showed no statistically significant differences in soil characteristics between consociation systems and non-consociated plots, but erosion was significantly lower within the consociation systems. It was concluded that SRWC plantations provide significant protection against wind-induced erosion; however, long-term studies are needed to assess changes in soil quality.

Keywords: Consociation, Humus, pH, Phosphorus, Potassium, Erosion

20 pages, 10 tables, 5 figures, 12 references

Final work is archived in Library of Faculty of Agriculture in Osijek and in digital repository of Faculty of Agriculture in Osijek

Sadržaj

| | |
|--|----|
| 1. Uvod..... | 1 |
| 2. Materijali i metode | 5 |
| 2.1 Lokalitet pokusa | 5 |
| 2.2. Meteo stanice | 6 |
| 2.3. Analiza tla..... | 6 |
| 2.3.1. pH – vrijednost reakcije tla | 6 |
| 2.3.2.Fosfor i kalij | 7 |
| 2.3.3. Sadržaj humusa u tlu..... | 7 |
| 2.3.4. Eroziya..... | 8 |
| 3. Rezultati i rasprava..... | 10 |
| 3.1. pH reakcija tla | 10 |
| 3.2. Fosfor i Kalij | 11 |
| 3.3. Humus..... | 12 |
| 3.4. Eroziya..... | 13 |
| 3.5 Utjecaji pojedinih vrsta KKO na kvalitetu tla..... | 17 |
| 3.6 Isplativost konsocijacije KKO | 17 |
| 4. Zaključak | 19 |
| 5. Popis literature | 21 |

1. Uvod

Za uspješan rast biljaka potrebno je nekoliko ključnih čimbenika kao što su svjetlo, voda, toplina i mineralne tvari. Tlo je medij koji uspješno povezuje čimbenike za uspješan rast i razvoj biljaka, tlo je također i prirodan resurs koji je lako dostupan i u sebi sadrži hranjive mineralne tvari stoga je i najrašireniji medij za uzgoj biljaka. Uz poznavanje potrebnih čimbenika za uspješan rast biljaka, danas se za njihov uzgoj mogu koristiti i alternativne metode poput hidroponskog uzgoja, ali zbog svojih ograničenja kao što su cijena postavljanja i održavanja te ograničenja biljaka koja se mogu uzgajati na takav način, tlo je i dalje najrašireniji medij za uzgoj biljaka. Iz tih razloga neophodno je voditi računa o očuvanju tla i primjenjivanju održivih poljoprivrednih praksi.

Tlo je neobnovljiv prirodni resurs koji je danas suočen s brojnim degradacijskim procesima, poput erozije, smanjenje organske tvari, gubitak biološke raznolikosti, zbijanje, zahladnjivanje, plavljenje i klizišta. Osim klimatskih i prirodnih promjena, važnu ulogu u degradaciji tla igra i ljudski faktor. Čovjek je svojim djelovanjem značajno pridonio propadanju tla, koristio ga je neodgovorno, iscrpljivao ga je bez pravilne nadoknade hranjivih tvari te ga onečistio. U prošlosti je negativan utjecaj čovjeka bio smanjen, zahvaljujući gnojidbi stajskim gnojem i uzgoju dvije ili više kultura na istoj površini, što se naziva konsocijacija. Tijekom 20. stoljeća poljoprivreda je doživjela velike promjene, obilježene modernizacijom poljoprivredne mehanizacije i razvojem mineralnih gnojiva. Ove inovacije dovele su do napuštanja uzgoja u konsocijaciji i uspostave intenzivne poljoprivrede kao dominantnog pristupa.

Intenzivna poljoprivreda gdje se proizvodnja zasniva na mineralnoj gnojidbi i gdje se izbjegava zelena gnojidba, tlo je podložno negativnom utjecaju erozije vjetrom. Erozijski vjetrom, proces u kojem vjetar odnosi tlo, pijesak i druge površinske materijale, može imati nekoliko negativnih učinaka:

- a) Uklanja se gornji sloj tla, koji je često najplodniji jer sadrži esencijalne hranjive tvari i organsku tvar što dovodi do smanjene poljoprivredne produktivnosti.
- b) U nekim slučajevima doprinosi dezertifikaciji, proces posebno problematičan u sušnim i polusušnim područjima, smanjujući sposobnost tla da podrži biljni svijet.

- c) Erozija vjetrom može razgraditi agregate tla, što dovodi do gubitka strukture tla, što umanjuje sposobnost tla da zadržava vodu.
- d) Podizanje sitnih čestica tla koje podiže vjetar mogu doprinijeti lošoj kvaliteti zraka, ozbiljniji oblik erozije vjetrom, može proširiti te čestice na velike udaljenosti.
- e) Pijesak i prašina nošeni vjetrom mogu oštetiti zgrade, ceste i drugu infrastrukturu.
- f) Čestice koje vjetar nosi mogu se taložiti u vodnim tijelima, što dovodi do sedimentacije i smanjenja kvalitete vode.
- g) Jaki vjetrovi mogu odnijeti tlo oko korijenja biljaka, što dovodi do smanjenog rasta biljaka ili čak njihovog uginuća.
- h) Mogu rezultirati značajnim ekonomskim gubicima za pogođene zajednice uzrokovanim sveukupnim učincima erozije vjetrom, poput smanjenje poljoprivrednih prinosa, zahtjevnije održavanje infrastrukture i zdravstvenih problema

Konsocijacija ili udruživanje usjeva označava istodoban uzgoj dvije ili više kultura na istoj površini, a danas se smatra kao jedan od mogućih načina zaštite i očuvanja prirodnih resursa. Uzgoj u konsocijaciji je u prošlosti bilo pravilo, ali modernizacijom poljoprivrede uzgoj udruženih usjeva je izbačeno u zamjenu za uzgojem samo jedne kulture (Jug i surr, 2022).

Uzgoj u konsocijaci se uvodi zbog različitih razloga, ali svi razlozi imaju u vidu veću produktivnost koja proizlazi iz :

- učinkovitijeg korištenja hranjiva iz tla
- učinkovitijeg korištenja svjetlosti
- bolje otpornosti prema abiotičkim činiteljima
- zaštitna uloga usjeva
- pozitivno djelovanje na plodnost usjeva
- veće kvalitete prinosa
- stabilnost i sigurnost proizvodnje

Primjeri konsocijacijskih praksi najčešće se susreću u vrtlarstvu, a najpoznatiji primjer je uzgoj kukuruza, bundeve i graha, poznat kao "tri sestre", ili sadnja mrkve između redova luka. Iako su u ratarstvu i konvencionalnoj poljoprivredi takve prakse rjeđe, odličan primjer su agrošumarski usjevi. Agrošumarstvo podrazumijeva integriranje drveća i grmlja na poljoprivredne površine te predstavlja spoj šumarstva i poljoprivrede. U takvim sustavima poljoprivredni usjevi uzgajaju se oko ili između redova drveća. Glavni proizvod može biti drvo ili poljoprivredni usjev. Ako su poljoprivredni usjevi primarni proizvod agrošumarskog sustava onda drveće ima prvenstveno zaštitnu ulogu no može donijeti i dodatne prihode (trupci, ogrjevno drvo te plodovi). Najrasprostranjeniji agrošumarski oblik zaštite kojeg nalazimo u praksi su vjetrozaštitni pojasevi koji štite poljoprivredne površine od erozije vjetrom. Vrste drveća koje se najčešće koriste u agrošumarske svrhe su iz skupine kultura kratkih ophodnji.

U okviru pokusa na pokušalištu Klisa korištene su kulture kratkih ophodnji (KKO), točnije bagrem, vrba i topola, u konsocijaciji s ratarskim usjevima. Ove vrste drveća su brzorastuće, što im daje značajnu ulogu u proizvodnji električne energije kroz korištenje drvne sječke. Zbog svojeg brzog rasta, KKO mogu brzo pokazati svoje pozitivne utjecaje na tlo i okoliš.

Pozitivni utjecaji KKO na okoliš su značajni, jer doprinose povećanju bioraznolikosti. Ove biljke pružaju stanište mnogim biljnim i životinjskim vrstama koje ne mogu pronaći odgovarajuće uvjete na poljoprivrednim površinama zbog različitih faktora, kao što su manjak sjene, nedostatak skloništa, prisutnost ljudi, i nedostatak biljnih vrsta koje su važne za ishranu kukaca i drugih životinja (Dimitriou, I., & Rutz, D., 2015).

Fokus ovog istraživačkog rada je procijeniti utjecaj kultura kratkih ophodnji na kvalitetu tla, s posebnim naglaskom na sadržaj humusa, pH reakciju tla, dostupnost lakopristupačnog kalija i fosfora i eroziju tla. Prethodna istraživanja su pokazala da uvođenje drveća na poljoprivredne površine pozitivno utječe na kvalitetu tla no promijene se primijete tek nakon 10-20 godina (ovisi o gustoći sadnje i vrsti drveća) (Ivezić i sur, 2022). Najznačajniji utjecaj je u smanjenju erozije.

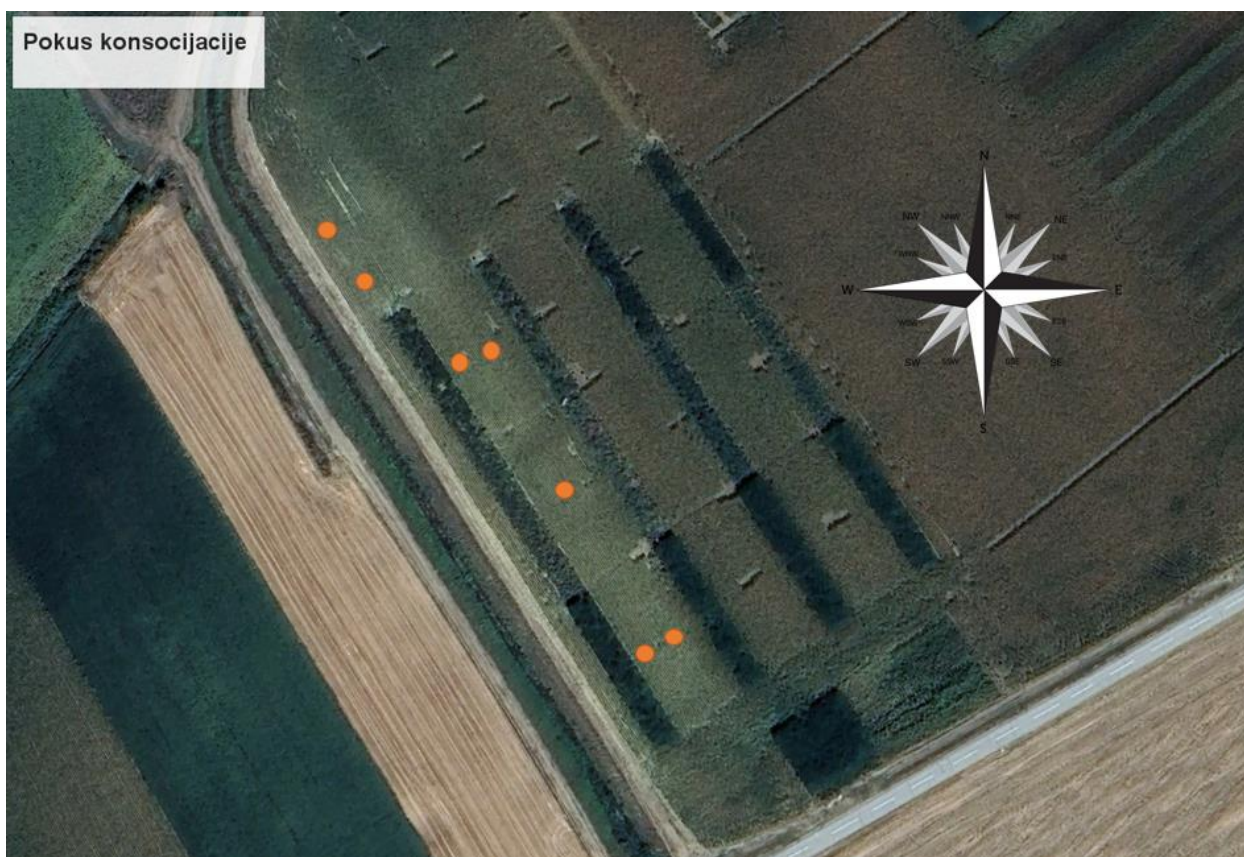
Erozija tla predstavlja ozbiljan problem u poljoprivredi jer smanjuje plodnost tla i povećava gubitak hranjivih tvari. Stoga, razumijevanje kako kulture kratkih ophodnji mogu smanjiti eroziju tla ima ključnu važnost za razvoj održivih poljoprivrednih praksi.

Cilj istraživanje je utvrditi utjecaj podizanja kultura kratkih ophodnji (KKO) na poljoprivrednim tlima u svrhu popravka kvalitete tla i smanjenja erozije vjetrom.

2. Materijali i metode

2.1 Lokalitet pokusa

Istraživanje je provedeno na fakultetskom pokušalištu Klisa u blizini Osijeka. U 2021. godini na tom pokušalištu je postavljen pokus s kulturama kratkih ophodnji, od kultura kratkih ophodnji izabrane su: bagrem, vrba i topola. Kulture su zasađene u četiri pojasa širine 8 m, a svaki pojas se sastoji od 6 redova drveća (razmak između redova drveća unutar pojasa je 1-2 m). Udaljenost između dva pojasa drveća, tj. razmak između pojaseva (međured) iznosi 24 metra kako bi omogućili neometan prohod mehanizaciji (slika 1.). Duljina pojasa je 150 m, tj. pojedine kulture duljina iznosi 50 metara. Uz pokus konsocijacije postavljen je i kontrolni nasad kultura kratke ophodnje gdje je drveće posađeno u redovima s razmakom od 1 m. Na slici 1. prikazana je satelitska snimka pokusa i narančastom bojom označene lokacije za prikupljanje lebdećih čestica pomoću kojih smo određivali intenzitet erozije vjetrom.



Slika 1-Satelitska slika pokusa konsocijacije KKO

Na zapadnoj strani pokusnog polja nalazi se kanal, koji je iskopan sredinom prošlog stoljeća. Tijekom iskapanja, sva iskopana zemlja gomilana je uz rub kanala, što je dovelo do degradacije tla od kanala nadalje, a posebno na površini prvog pojasa i prvog međureda. Ova degradacija tla jasno je vidljiva golim okom prema boji tla (slika 2.) te je potvrđena rezultatima istraživanja provedenim za ovo istraživanje. Uzorci tla za analize prikupljeni su sondiranjem na dubinama do 30 cm i od 30 do 60 cm.



Slika 2. prikaz degradiranog tla na kojem je podignut prvi pojas drveća i prvi međured usjeva

2.2. Meteo stanice

Na pokusu s konsocijaciskim kulturama, smjer i brzina vjetra mjereni su korištenjem anemometra koji su bili u sklopu meteo stanice. Jedna meteo stanica se nalazila na čistini i bilježila je meteo podatke izvan konsocijacije dok je druga meteo stanica bila unutar konsocijacije u prvom međuredu između dva pojasa drveća kako bi se utvrdio utjecaj kultura kratkih ophodnji na smjer (*wind dir.*), brzinu vjetra (*wind speed*) i udaljenost koju vjetar prelazi (*wind run*). Brzina vjetra izmjerena je u metrima u sekundi (m/s), dok je smjer vjetra obilježen u odnosu na strane svijeta.

2.3. Analiza tla

2.3.1. pH – vrijednost reakcije tla

Reakcija tla može biti kisela, lužnata ili neutralna, a određena je prisustvom vodikovih i hidroksilnih iona. O pH reakciji tla ovise životne aktivnosti podzemnih organa biljaka, zbog svog utjecaja na topljivost minerala i hranjivih tvari. Reakcija tla je ključni ekološki činitelj zbog utjecaja na procese rasta biljka i na druga svojstva tla.

Određivanje pH-vrijednosti reakcije tla se vrši elektrometrijskom metodom. Elektrometrijsko određivanje reakcije tla se vrši pH-metrima koji mjere razliku električnog potencijala ovisno o aktivitetu vodikovih iona. Mjerenje se vrši u H₂O čime dobivamo vrijednost aktivne kiselosti, ili u KCl-u čime dobivamo supstitucijsku kiselost.

2.3.2. Fosfor i kalij

Lakopristupačni fosfor i kalij definiraju se kao oblici koji su biljci raspoloživi. Lakopristupačni kalij odnosi se na njegov vodotopivi i izmjenjivo sorbirani oblik, dok se pod lakopristupačnim fosforom smatraju oblici fosfora u tlu koji se otapaju u otopinama slabih kiselina, baza, soli ili pufera. Nedostatak ovih hranjiva može značajno smanjiti prinos i kvalitetu usjeva, stoga je gnojidba ovim elementima i njihovo praćenje važno.

Određivanje lako pristupačnog fosfora i kalija AL-metodom temelji se na ekstrakciji ovih hranjiva iz tla pufernom otopinom amonijevog laktata čiji je pH 3,75. Za mjerenje koncentracije fosfora koristi se spektrofotometar na valnoj duljini od 650 nm, dok se koncentracija kalija određuje emisijom na AAS-u ili plamenom fotometru. Rezultati se interpretiraju u mg P₂O₅ i mg K₂O na 100 g tla. (Đurđević, 2014)

2.3.3. Sadržaj humusa u tlu

Humus je tamna, organska tvar nastala procesom humifikacije. Pod procesom humifikacije se smatra razgradnja mrtve organske tvari pod utjecajem mikroorganizama, do jednostavnijih spojeva te njihova sinteza visokomolekularne spojeve. Humus se sastoji huminske i fulvo kiseline i netopivih humina (Špoljar, 2019). Humus ima veliku važnost u tlu zbog svojih uloga kao što su: poboljšavanje učinkovitosti gnojidbe, produživanje djelovanje dušika, poboljšavanje usvajanje hranjiva, stimuliranje života u tlu, puferni učinak i uloga kao katalizator za povećanje razine ugljika u tlu.

Određivanje sadržaja humusa, odnosno organske tvari u tlu provodi se bikromatnom metodom mokrog spaljivanja uzoraka tla, prema standardu ISO 14235:1998. Ova metoda zahtjeva mokro spaljivanje kalijevim bikromatom uzoraka koji je prethodno prosijan kroz sito 2 milimetra. Pritom se odvija reakcija pri čemu otopina mijenja boju iz narančaste boje u zelenu. Promjenu boje moguće je izmjeriti spektrofotometrijski na valnoj duljini od 585 nm pri

čemu dobijemo postotak organskog ugljika u uzorku. Konačni sadržaj humusa izračunava se množenjem koeficijenta 1,724 s postotkom organskog ugljika, te se izražava u postotcima (%) (Đurđević, 2014.).

Prema udjelu humusa, tlo možemo podijeliti na:

1. Jako siromašno humusom: 0 - 0,75 %
2. Siromašno humusom: 0,75 - 1,5 %
3. Osrednje humozno tlo: 1,5 - 2,5 %
4. Humozno tlo: 2,5 - 4,0 %
5. Vrlo humozno tlo: 4,0 - 6,0 %
6. Ekstremno humuzno tlo: >6,0%

2.3.4. Erozija

Erozija se odnosi na procese uzrokovane fizikalnim silama, koji za rezultat imaju migraciju zemljišnog materijala. Oštećenje tla erozijom se smatra vodećim degradacijskim procesom u Europi,

Prema Kohnkeu (1972) u mnogim tlima, u površinskom sloju je veća koncentracija kalcija, fosfora i drugih materijala. Erozijski procesi zahvaćaju površinski sloj tla te dolazi do osiromašivanja ta tim elementima što za posljedicu ima rast biljaka u nižim slojevima te biljke sadržavaju manje tih minerala. Biljke koje su izrasle na tlu degradiranom erozijom, nisu nužno lošijeg prinosa, ali su siromašnije mineralima a bogatije dušikom i ugljikohidratima što može imati štetnu posljedicu na ljudsko zdravlje.

Mjerenje erozije tla provedeno je korištenjem metode „dust catchers“, pri čemu su na terenu postavljeni uređaji za hvatanje lebdećih čestica tla. Iako su dostupne komercijalne mjerne stanice, u pokusu su korištene improvizirane verzije izrađene od plastičnih boca (slika 3.). Pokus mjerenja erozije se odvijao u periodu od 26.2.2024. do 9.4.2024 dok je površina bila bez vegetacije. Mjerne stanice postavljene su na sedam lokacija: dvije su bile na kontrolnom području, udaljene od nasada kultura kratkih ophodnji, dok su preostale bile raspoređene unutar konsocijacije (slika 1). Svaka stanica imala je otvore usmjerene prema svim stranama svijeta (sjever, jug, zapad, istok) kako bi se utvrdio dominantni smjer erozije. Stanice su postavljene na

visinama od 15 i 50 cm; sve su imale mjerenje na 15 cm, dok su četiri od njih također mjerile na visini od 50 cm.



Slika 3 – Mjerna stanica za skupljanje lebdećih čestica

Nakon uklanjanja mjernih stanica s terena, prikupljeni sadržaj je ispran vodom i prebačen u petrijeve zdjelice. Zdjelice su zatim smještene u sušionik kako bi isparila preostala voda korištena tijekom ispiranja i prijenosa uzoraka (slika 4), a nakon toga je izmjerena suha masa materijala kojeg je svaka stanica prikupila.



Slika 4 – Zdjelice u sušioniku

3. Rezultati i rasprava

Rezultati pokusa pružili su uvid u kvalitetu tla i omogućujući nam da analiziramo utjecaj kultura kratke ophodnje (KKO) na poljoprivredno tlo. Na temelju dobivenih podataka moći ćemo procijeniti jesu li te KKO značajno utjecale na promjene u tlu i na koji način.

3.1. pH reakcija tla

Rezultati pH reakcije tla (Tablica 1.) pokazuju da se pH vrijednosti kreću u rasponu od neutralnih do blago kiselih. Također, nije uočena značajna razlika u pH reakciji između pojaseva drveća i međuredova između pojaseva. Međutim, najveća te jedina statistički značajna razlika je zabilježena između prvog i trećeg pojasa, što bi moglo biti povezano s činjenicom da se prvi pojas i prvi međured nalaze na degradiranom tlu. Prema (Dimitriou, I., & Rutz, D., 2015), očekivalo bi se da tlo pod KKO ima nešto niži pH u usporedbi s konvencionalnim usjevima. No, na temelju ovih rezultata, tu tvrdnju nije moguće niti potvrditi niti opovrgnuti. Nasad je star tek tri godine i to je kratak period da bi se vidjele promjene u pH reakciji tla.

Tablica 1 – pH reakcija tla

| Red | n | pH |
|------------|---|---------------------|
| prvi među | 3 | 7.65 ^{AB} |
| prvi | 6 | 7.65 ^A |
| ctrl nasad | 6 | 7.133 ^{AB} |
| četvrti | 6 | 6.958 ^{AB} |
| drugi | 6 | 6.762 ^{AB} |
| treći | 6 | 6.673 ^B |
| treći među | 3 | 6.597 ^{AB} |
| drugi među | 3 | 6.51 ^{AB} |

A i B slova označuju statistički značajne razlike

3.2. Fosfor i Kalij

Prema prijašnjim istraživanjima (Tsonkova i surr., 2012), sadržaj lakopristupačnog fosfora u tlima pod KKO udvostručio se nakon pet godina. Moguće je, da je dio tog porasta uzrokovan gnojidbom, ali kontrolni usjevi su ukazivali na statistički značajan porast, što sugerira utjecaj KKO. Rezultati analize tla s pokušališta Klisa (Tablica 2.) pokazuju značajne varijacije u sadržaju fosfora. Ove razlike mogu biti povezane s degradacijom tla u području prvog pojasa, kao i s ostacima gnojidbe koja je uzrokovala nakupljanje fosfora koji usjevi nisu u potpunosti iskoristili. Mogućnost povećanja sadržaja fosfora u tlu pod utjecajem KKO može se pretpostaviti na temelju razlika u sadržaju fosfora u trećem pojasu u usporedbi s trećim i drugim međuredovima. Ipak, za konačnu potvrdu ove pretpostavke potrebna su dodatna istraživanja.

Tablica 2 - Sadržaj fosfora u tlu

| Red | n | Al-P ₂ O ₅ mg/100g |
|------------|---|--|
| treći | 6 | 10.88 ^A |
| treći među | 3 | 8.99 ^{AB} |
| drugi među | 3 | 8.74 ^{AB} |
| drugi | 6 | 7.86 ^{AB} |
| četvrti | 6 | 7.59 ^{AB} |
| prvi među | 3 | 6.283 ^{AB} |
| ctrl nasad | 6 | 4.577 ^{AB} |
| prvi | 6 | 3.99 ^B |

A i B slova označuju statistički značajne razlike

Sadržaj kalija u tlu također varira slično kao i sadržaj fosfora. Rezultati analiza (Tablica 3) ukazuju na degradiranost tla u prvom pojasu. Prvi pojas i prvi međured su najsiromašniji kalijem. Utjecaj KKO na povećanje sadržaja kalija ne može se utvrditi iz rezultata istraživanja. Kao i u slučaju s pH pojasevi drveća su tek tri godine stari i tako kratak rok nije dovoljan da se primjeti značajna razlika.

Tablica 3 – Sadržaj kalija u tlu

| Red | N | Al-K ₂ O mg/100g |
|------------|---|--------------------------------|
| treći | 6 | 42.6 ^A |
| četvrti | 6 | 35.18 ^{AB} |
| treći među | 3 | 33.56 ^{AB} |
| drugi među | 3 | 31.8 ^{ABC} |
| drugi | 6 | 31.72 ^{AB} |
| ctrl nasad | 6 | 31.04 ^{AB} |
| prvi među | 3 | 21.59 ^{BC} |
| prvi | 6 | 18.43 ^C |

A i B slova označuju statistički značajne razlike

Prema Martinović(1997.), humus ima visok kapacitet apsorpcije kationa, što ga čini jednim od glavnih skladišta hranjivih tvari u tlu. S obzirom na tu sposobnost humusa i rezultate prikazane u tablicama 2, 3 i 4, moguće je pretpostaviti da povećana koncentracija fosfora i kalija u trećem redu nije rezultat djelovanja KKO, već ljudskog faktora, odnosno gnojidbe.

3.3. Humus

Rezultati analize tla (Tablica 4) pokazuju da se sadržaj humusa u tlu postupno povećava kako se udaljavamo od kanala, gdje je tlo već prepoznato kao degradirano. Ovi podaci također ilustriraju opseg štete nastale iskopavanjem i prevrtanjem tla. Kulture kratkih ophodnji (KKO) mogu pozitivno utjecati na stabilnost organske tvari u tlu (Dimitriou, I., & Rutz, D., 2015). Iako u ovom pokusu ta tvrdnja nije izravno potvrđena jer je nasad star tek tri godine i treba duži period od barem 10 godine kako bi se vidjele promijene u udjelu humusa u tlu.

Tablica 4 – Sadržaj Humusa u tlu

| red | N | Humus (%) |
|------------|---|-----------------------|
| četvrti | 6 | 2.4617 ^A |
| drugi među | 3 | 2.33333 ^{AB} |
| drugi | 6 | 2.2883 ^{AB} |
| treći | 6 | 2.267 ^{AB} |
| treći među | 3 | 2.2267 ^{AB} |
| ctrl nasad | 6 | 2.028 ^B |
| prvi među | 3 | 1.437 ^C |
| prvi | 6 | 1.02 ^C |

A,B i C Slova označuju statistički značajne razlike

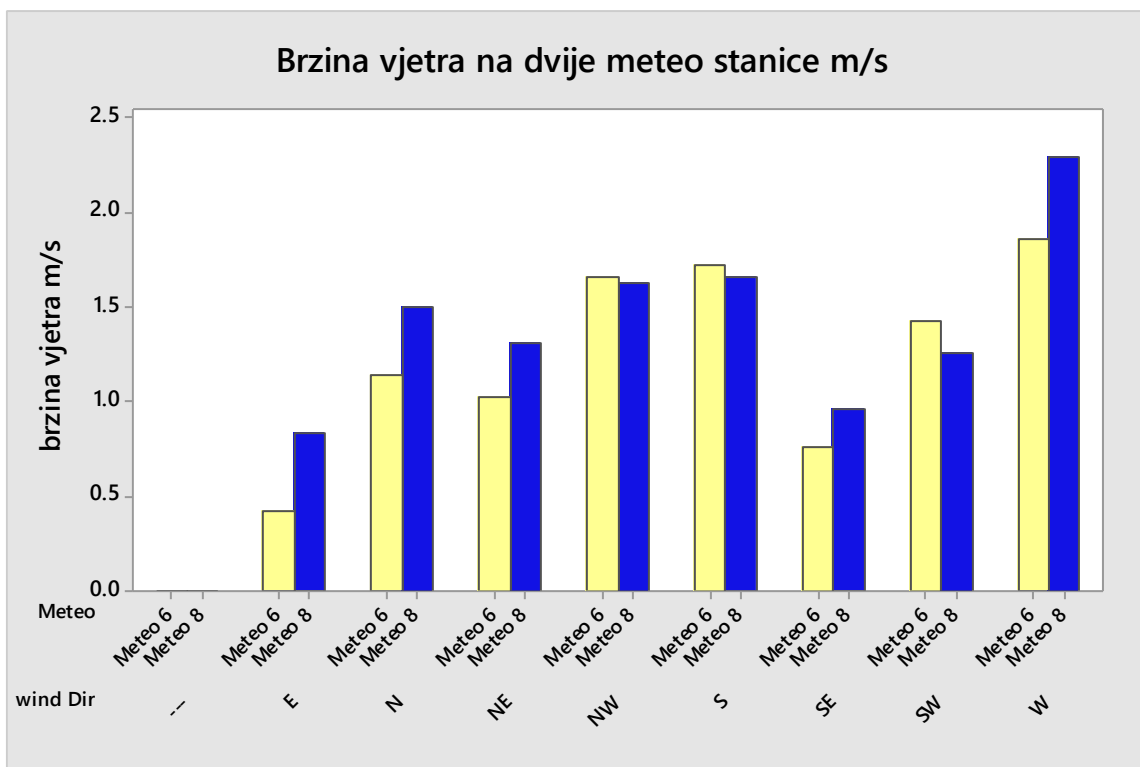
3.4. Erozija

Analiza varijance podataka prikupljenih tijekom ožujka s meto stanica (jedna meto stanica se nalazila na čistini a druga unutar konsocijacije) je pokazala da je jačina vjetra izvan konsocijacije bila statistički značajno jača od vjetra unutar konsocijacije (tablica 5). Opisnom statistikom se dobije uvid da je vjetar najčešće puhao iz smjera istoka dok je najjači vjetar puhao iz smjera zapada. Obradom podataka možemo vidjeti da je vjetar iz smjera istoka unutar konsocijacije bio za 50% slabiji dok je iz smjerova zapada, sjevera, sjeveroistoka i jugoistoka bio za oko 20% slabiji unutar konsocijacije u odnosu na jačinu vjetra na čistini (Grafikon 1.).

Tablica 5. jačina vjetra unutar konsocijacije (Meteo 6) i na čistini (Meteo 8)

| Meteo | N | Jačina vjetra (m/s) |
|---------|-----|---------------------|
| Meteo 8 | 259 | 1.3761 ^A |
| Meteo 6 | 271 | 1.1188 ^B |

A i B slova označuju statistički značajne razlike



Grafikon 1. brzina vjetra iz različitih smjerova za dvije promatrane meteo stanice (meteo 6 – konsocijacija i meteo 8 – čistina)

Statistička analiza je pokazala da iste rezultate dobijemo kada promatramo udaljenost koju vjetar prelazi (*wind run*). Tj. udaljenost koju vjetar prelazi će se umanjiti za 20% u odnosu na udaljenost koju vjetar prelazi kada nema zaštite i prepreka. Drugim riječima podizanjem sustava konsocijacija ili podizanjem vjetrozaštitnih pojaseva smanjuje se udaljenost na koju će vjetar imati utjecaj.

Dakle, konsocijacija s drvenastim kulturama igra važnu ulogu u zaštiti od vjetra (Jug i sur., 2022). Ova tvrdnja potvrđena je rezultatima provedenog istraživanja. Erozijska je mjerena vaganjem mase prikupljenih lebdećih čestica. Rezultati prikazani u tablici 6 jasno pokazuju da je masa lebdećih čestica statistički značajno manja u konsocijaciji, čak četiri puta manja, nego na otvorenim površinama. Na temelju tih rezultata, možemo zaključiti i potvrditi da konsocijacija KKO ima značajnu vjetrozaštitnu ulogu.

Tablica 6-Masa lebdećih čestica na čistini i u konsocijaciji

| Pozicija | N | Masa (g) |
|---------------|----|-----------------------|
| čistina | 16 | 0,01564 ^A |
| konsocijacija | 28 | 0,004586 ^B |

A i B slova označuju statistički značajne razlike

Za detaljniju analizu podataka, možemo ih razvrstati prema visini mjerenja. Podaci iz tablica 7 i 8 pokazuju da su na visini od 15 cm zabilježene značajnije statističke razlike u usporedbi s visinom od 50 cm, iako je na 50 cm u konsocijaciji izmjerena gotovo upola manja masa lebdećih čestica.

Tablica 7 – Masa lebdećih čestica na visini od 15 cm

| pozicija 2 | N | Mean |
|---------------|----|----------------------|
| čistina | 8 | 0,0268 ^A |
| konsocijacija | 20 | 0,00549 ^B |

A i B slova označuju statistički značajne razlike

Tablica 8 – Masa lebdećih čestica na visini od 50 cm

| pozicija 2 | N | Mean |
|---------------|---|-----------------------|
| čistina | 8 | 0.00447 ^A |
| konsocijacija | 8 | 0.002325 ^A |

A i B slova označuju statistički značajne razlike

U istraživanju, uz prikupljanje podataka o masi lebdećih čestica na različitim visinama, provedena je i analiza prema stranama svijeta s kojih su čestice skupljane. Prema podacima prikazanim u Tablici 9, uočava se da je najveća količina lebdećih čestica prikupljena sa smjera zapada. Ova količina je bila toliko značajna da je masa čestica prikupljenih sa smjera istoka bila čak 10 puta manja u usporedbi s masom sa smjera zapada. Ovi rezultati su usklađeni s rezultatima brzine vjetera (grafikon 1.) koji su pokazali da je statistički značajno najjači vjetar puhao iz smjera zapada što je i razlog najvećoj količini čestica iz smjera zapada.

Tablica 9 – Masa lebdećih čestica s obzirom na smjer svijeta

| Strana Svijeta | N | Masa (g) |
|----------------|----|------------------------|
| Z | 11 | 0.0286393 ^A |
| S | 11 | 0.0047054 ^B |
| J | 11 | 0.0043786 ^B |
| I | 11 | 0.0027357 ^B |

A i B slova označuju statistički značajne razlike

Podjela podataka o prikupljenim masama lebdećih čestica česticama prema smjerovima svijeta pokazuje da je masa skupljenih čestica u konsocijaciji i dalje značajno manja u usporedbi s čistinom (Tablica 10). Bez obzira na položaj mjernih stanica, najviše lebdećih čestica prikupljeno je sa smjera zapada, dok je najmanja količina zabilježena sa smjera istoka.

Tablica 10 – Masa lebdećih čestica s obzirom na stranu svijeta i poziciji mjerne stanice

| Strana Svijeta | N | Masa (g) |
|-----------------|---|------------------------|
| Z čistina | 4 | 0.04795 ^A |
| Z konsocijacija | 7 | 0.0093286 ^B |
| S čistina | 4 | 0.005925 ^B |
| J čistina | 4 | 0.0058 ^B |
| S konsocijacija | 7 | 0.0034857 ^B |
| J konsocijacija | 7 | 0.0029571 ^B |
| I čistina | 4 | 0.0029 ^B |
| I konsocijacija | 7 | 0.0025714 ^B |

A i B slova označuju statistički značajne razlike

3.5 Utjecaji pojedinih vrsta KKO na kvalitetu tla.

Ako se analiziraju prikupljeni podaci o karakteristikama tla (pH, sadržaj humusa, sadržaj lakopristupačnog fosfora i kalija) prema vrstama kultura s kojih su uzorci uzeti, ne primjećuju se statistički značajne razlike. Na temelju prikazanih podataka, jedina primjetna razlika je da su vrijednosti za bagrem u pravilu niže u odnosu na topolu i vrbu. Istraživanja Stolarskog (2014) sugeriraju da su topola i vrba manje učinkovite u prikupljanju lakopristupačnog kalija u usporedbi s drugim kulturama, no ovaj pokus nije pokazao takve rezultate. Period od tri godine, koliko je star ovaj nasad je prekratak da bi primijetili neke značajne promijene (Ivezić i sur. 2022).

Tablica 10 – Utjecaj pojedinih kultura na karakteristike tla

| Tretman (drvo/usjev/ctrl) | N | pH | Humus (%) | Al-P2O5 mg/100g | Al-K2O mg/100g |
|------------------------------|----|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| vrba | 10 | 7.127 ^{ns} | 2.057 ^{ns} | 7 ^{ns} | 33.97 ^{ns} |
| topola | 10 | 7.02 ^{ns} | 2.085 ^{ns} | 8.03 ^{ns} | 33.17 ^{ns} |
| bagrem | 10 | 6.959 ^{ns} | 1.897 ^{ns} | 5.639 ^{ns} | 28.25 ^{ns} |
| usjev - ctrl | 9 | 6.919 ^{ns} | 1.999 ^{ns} | 8.1 ^{ns} | 28.98 ^{ns} |

ns - nema statistički značajne razlike

3.6 Isplativost konsocijacije KKO

Razlozi za uvođenje konsocijacije već su spomenuti u ovom radu, a pokus je također pokazao utjecaj kultura kratke ophodnje (KKO) na kvalitetu tla i stanje tla unutar konsocijacije. Najznačajniji rezultat odnosi se na zaštitu tla od erozije, što implicira očuvanje najplodnijeg površinskog dijela tla te pozitivan utjecaj na vlažnost tla u kojem rastu usjevi. Iako konsocijacija donosi brojne prednosti, u suvremenom svijetu glavni čimbenici koji određuju njezinu primjenu ostaju isplativost i profit. Uvođenjem poticaja za agrošumarske sustave, poput poticaja za podizanje KKO na degradiranim tlima (NN16/19), potiču se poljoprivrednici da implementiraju ovakve sustave na svojim površinama.

KKO također imaju značajnu ekonomsku vrijednost. Plantaže KKO stabala najčešće se koriste za proizvodnju drvene sječke, koja ima široku primjenu. Nakon osam godina, može se razmotriti i korištenje drvnih trupaca, što donosi veće prihode. (Dimitriou, I., & Rutz, D., 2015)

Prinosi u konsocijaciji se računaju pomoću Ekvivalentnog zemljišnog odnosa (EZO) koji predstavlja relativnu potrebu u proizvodnoj površini za jednu kulturu u konsocijaciji. Ukazuje na učinkovitost konsocijacije u odnosu na zaseban uzgoj i računa se formulom:

$$\text{EZO} = \frac{\text{Prinosi kulture 1 (konsocijacija)}}{\text{Prinosi kulture 1 (samostalni uzgoj)}} + \frac{\text{Prinosi kulture 2 (konsocijacija)}}{\text{Prinosi kulture 2 (samostalni uzgoj)}}$$

Ukoliko je vrijednost EZO veći od 1 to ukazuje na veću učinkovitost konsocijacije u odnosu na samostalni uzgoj, a ako je EZO manji od 1 tad vrijedi suprotno i uzgoj svake kulture je produktivniji nego u konsocijaciji (Žalac i sur., 2022)

4. Zaključak

Ovo istraživanje potvrdilo je utjecaj kultura kratkih ophodnji (KKO) na kvalitetu tla u agroekosustavima. Posebno su se istaknuli KKO kao vjetrozaštitni pojasevi, koji učinkovito smanjuju eroziju tla. Ovo je ključno za očuvanje plodnosti i dugoročnu održivost poljoprivrednih površina.

Rezultati osnovnih analiza tla (pH, humus, P₂O₅, K₂O) nisu pokazali značajnije indikacije koje bi potvrdile da KKO imaju izrazito pozitivan učinak na tlo. Razlog tome je najvjerojatnije starost nasada, naime konsocijacijski sustav je star svega tri godine, prijašnja istraživanja navode da treba proći oko 10-20 godine kako bi se primijetio utjecaj drvenastih vrsta na stanje tla. Iako su prisutni neki znakovi koji sugeriraju pozitivan utjecaj KKO na tlo, potrebno je provesti dodatna istraživanja i pratiti rezultate kroz duži vremenski period kako bi se potvrdila ta povezanost.

Rezultati sugeriraju da korištenje kultura kratkih ophodnji može smanjiti negativne učinke erozije tla i poboljšati njegovu plodnost, čime se otvaraju nove mogućnosti za integraciju ovih praksi u konvencionalnu poljoprivredu. U Hrvatskoj je uzgoj kultura kratkih ophodnji reguliran Zakonom o drvenastim kulturama kratkih ophodnji (NN 15/18, 111/18) i Pravilnikom o popisu biljnih vrsta za osnivanje drvenastih kultura kratkih ophodnji te načinu i uvjetima pod kojima se mogu uzgajati (NN 16/19). Iako je ovaj zakonski okvir dobar korak prema očuvanju tla i potencijalnom oporavku degradiranog zemljišta, u njemu se ne spominju pojmovi poput „agrošumarstvo“ ili „konsocijacija“. Premda je moguće uspostaviti agrošumarske i konsocijacijske sustave, nedostatak tih termina u zakonu, nedovoljna potpora ministarstva te nedovoljna edukacija poljoprivrednika ograničavaju širu primjenu ovih praksi u hrvatskoj poljoprivredi.

Uz dosadašnja istraživanja, potrebno je dodatno ispitati utjecaj KKO na vlažnost tla i dugogodišnje prinose ratarskih usjeva kako bi se utvrdilo je li konsocijacija s KKO produktivnija od samostalnih usjeva. Implementacija KKO, poput bagrema, vrbe i topole, pokazala se učinkovitom strategijom za zaštitu od vjetra, čime se poboljšava kvaliteta tla i očuvaju prirodni resursi. Ovo istraživanje postavlja temelje za daljnja istraživanja i širu primjenu KKO, s ciljem povećanja otpornosti poljoprivrednih sustava na degradacijske procese i stvaranja održivih agroekosustava.

Premda je potrebno dodatno istražiti i detaljnije analizirati već dobivene rezultate, ovo istraživanje potvrđuje pozitivan, ili barem neutralan, utjecaj KKO na tlo. No, ono nepobitno potvrđuje njihovu važnu ulogu u zaštiti tla od erozije.

5. Popis literature

1. Dimitriou, I., & Rutz, D. (2015). Kulture kratkih ophodnji: Priručnik o održivom uzgoju. *WIP Renewable Energies*, 75, 230-232.
2. Đurđević, B. (2014). Praktikum iz ishrane bilja. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek, 20-26.
3. Ivezić, V.; Lorenz, K.; Lal, R. Soil Organic Carbon in Alley Cropping Systems: A Meta-Analysis. *Sustainability* 2022, 14, 1296. <https://doi.org/10.3390/su14031296>
4. Jug, I., Jug, D., Brozović, B., Vukadinović, V., & Đurđević, B. (2022). Osnove tloznanstva i biljne proizvodnje. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Osijek, 432-438.
5. Kohnke, H., & Bertrand, A. R. (1972). Konzervacija tla. Svijetlost izdavačko preduzeće Sarajevo, 19.
6. Martinović, J. (1997). Tloznanstvo u zaštiti okoliša: priručnik za inženjere. Državna uprava za zaštitu okoliša, Zagreb, 164.
7. Narodne novine (Zagreb), 111 (2018). Zakon o drvenastim kulturama kratkih ophodnji. (NN 15/18, 111/18).
8. Narodne novine (Zagreb), 16 (2019). Pravilnik o popisu biljnih vrsta za osnivanje drvenastih kultura kratkih ophodnji te načinu i uvjetima pod kojima se mogu uzgajati (NN 16/19).
9. Špoljar, A. (2019). Konzervacija i remedijacija tla. Visoko gospodarsko učilište u Križevcima, Križevci, 151-154.
10. Stolarski, M. J., Krzyżaniak, M., Szczukowski, S., Tworkowski, J., & Bieniek, A. (2014). Short rotation woody crops grown on marginal soil for biomass energy. *Polish Journal of Environmental Studies*, 23(5), 1729-1730.
11. 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: A review. *Agroforestry Systems*, 85(2), 137.
12. Žalac, H.; Zebec, V.; Ivezić, V.; Herman, G. Land and Water Productivity in Intercropped Systems of Walnut—Buckwheat and Walnut—Barley: A Case Study. *Sustainability* 2022, 14, 6096. <https://doi.org/10.3390/su14106096>