

# Utjecaj konsocijacije oraha i kukuruza na dušik u tlu

---

Šustić, Luka

Master's thesis / Diplomski rad

2023

*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:151:013034>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-08**



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

Luka Šustić  
Diplomski sveučilišni studij Bilinogojstvo  
Smjer Ishrana bilja i tloznanstvo

**UTJECAJ KONSOCIJACIJE ORAHA I KUKURUZA NA DUŠIK U TLU**  
**Diplomski rad**

Osijek, 2023.

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK**

Luka Šustić

Diplomski sveučilišni studij Bilinogojstvo

Smjer Ishrana bilja i tloznanstvo

**UTJECAJ KONSOCIJACIJE ORAHA I KUKURUZA NA DUŠIK U TLU  
Diplomski rad**

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

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

Osijek, 2023.

# SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. PREGLED LITERATURE.....	2
2.1. Agrošumarstvo .....	2
2.2. Dušik.....	6
2.3. Kukuruz.....	8
2.3.4. Fenološke faze kukuruza .....	9
2.4. Orah .....	11
3. MATERIJAL I METODE .....	12
3.1. Analiza dušika u tlu .....	13
3.1.1. Određivanje amonijskog dušika.....	14
3.1.2. Određivanje nitratnog dušika.....	14
3.3. Visina, masa i prinos biljaka .....	16
3.4. Mjerenje LAI i SPAD vrijednosti .....	16
3.5. Elementarna analiza zrna kukuruza .....	16
3.6. Analize osnovnih svojstva tla .....	17
3.6.1. Određivanje pH razine.....	17
3.6.2. Humus .....	17
3.6.3. Određivanje lakopristupačnog fosfora i kalija .....	17
4. REZULTATI.....	18
4.1. Rezultati analize osnovnih svojstava tla.....	18
4.2. Rezultati analize nitratnog i amonijskog dušika po pojedinim fazama .....	19
4.3. Visina biljaka.....	22
4.4. Masa cijele biljke.....	23
4.5. LAI i SPAD.....	24
4.6. Elementarni sastav biljke .....	25
4.7. Prinos .....	26
5. RASPRAVA .....	27
6. ZAKLJUČAK .....	29
7. POPIS LITERATURE.....	30
8. SAŽETAK .....	33

9. SUMMARY .....	34
9. POPIS TABLICA.....	35
11. POPIS SLIKA .....	36

## 1.UVOD

Jedan od najvećih izazova s kojima se poljoprivreda suočava je sve veća potražnja za proizvodnjom hrane uzrokovana porastom svjetskog stanovništva, što je dovelo do uvođenja novih proizvodnih tehnologija. Brzi rast stanovništva značajno je opteretio svjetske poljoprivredne resurse. Kao rezultat toga, postoji potreba za razvojem održive poljoprivredne prakse koja može povećati proizvodnju hrane uz smanjenje negativnog utjecaja na okoliš. Agrošumarstvo je jedna takva održiva poljoprivredna praksa koja je posljednjih godina dobila značajnu pozornost. Uključuje integraciju drveća i usjeva na istom komadu zemlje kako bi se stvorio raznolikiji i produktivniji poljoprivredni sustav. Stabla stvaraju sjenu, smanjuju eroziju tla i pomažu u održavanju plodnosti tla fiksiranjem dušika. Oni također osiguravaju hranu, gorivo i druge resurse. Agrošumarski sustavi uspješno su implementirani u nizu okruženja, uključujući tropske i umjerene zone. Unatoč potencijalnim prednostima agrošumarstva, mnogi poljoprivrednici i dalje su skeptični prema ovom pristupu. Neki se brinu da će se stabla sa svojim usjevima natjecati za hranjive tvari, sunčevu svjetlost i vodu, dok se drugi boje da će njima biti preteško upravljati. Međutim, studije su pokazale da ispravno dizajnirani agrošumarski sustavi zapravo mogu povećati prinose usjeva, poboljšati kvalitetu tla i pružiti niz drugih prednosti. Zbog toga raste interes za promicanje agrošumarstva kao održive poljoprivredne prakse koja može pomoći u zadovoljavanju rastuće svjetske potražnje za proizvodnjom hrane. Dušik je bitan element koji ima vitalnu ulogu u podržavanju funkcioniranja ekosustava i održavanju živih organizama. To je temeljna komponenta života, a njegov nedostatak predstavljao bi značajne izazove za opstanak mnogih živih bića. Dušik je široko dostupan u zemljinoj atmosferi, ali u obliku koji većina biljaka i životinja ne može odmah iskoristiti. Da bi bio upotrebljiv, dušik mora proći proces koji se naziva fiksacija dušika, koji ga pretvara u pristupačnije oblike poput amonijaka ili nitrata. Taj proces provode različiti organizmi poput bakterija, gljivica i određenih biljaka. Nakon pretvorbe, biljke mogu preuzeti dušik i koristiti ga za izgradnju proteina, nukleinskih kiselina i drugih bitnih spojeva.

Cilj ovog diplomskog rada je bio ustanoviti na koji način uzgajanje kukuruza u konsocijaciji sa orahom utječe na sadržaj dušika u tlu.

## 2. PREGLED LITERATURE

### 2.1. Agrošumarstvo

Silvoarabilno agrošumarstvo može se definirati kao integracija stabala s ratarskim usjevima na istoj zemljišnoj površini. Takvi sustavi mogu povećati produktivnost i profitabilnost a u odnosu na ratarsku proizvodnju mogu pružiti veće koristi za okoliš kao što su kontrola erozije i ispiranja tla te povećanje biološke raznolikosti krajolika (Rigueiro-Rodríguez sur., 2009.). Agrošumarstvo kao svrhovito uzgajanje drveća i usjeva u uzajamnim kombinacijama počelo se javljati u kasnim 1970-im kada je međunarodna znanstvena zajednica prihvatila njegove potencijale korištenja u tropskim područjima. Tijekom 1990-ih relevantnost agrošumarstva za rješavanje problema propadanja obiteljskih poljoprivrednih gospodarstava, povećane erozije tla, onečišćenje površinskih i podzemnih voda i smanjenja biološke raznolikosti prepoznata je u industrijaliziranim zemljama. Agrošumarstvo sada dobiva sve veću pozornost kao održivo upravljanje zemljištem diljem svijeta zbog svojih ekoloških, ekonomskih i društvenih atributa. Slijedom toga baza znanja o agrošumarstvu se proširuje velikom brzinom, što ilustrira povećanje broja i kvaliteta znanstvenih publikacija različitih oblika o različitim aspektima agrošumarstva (Jose i Gordon, 2008.).

Prema Kang i sur., (1999.) postoji nekoliko tipova sustava agrošumarstva ovisno o tome da li se kombiniraju stabla, usjevi ili životinje a moguća je i kombinacija svih navedenih. Tipovi su sljedeći:

- Silvoarabilni sustav se sastoji od jednogodišnjih usjeva u kombinaciji sa drvenstim višegodišnjim nasadima
- Silvopastoralni sustav se sastoji od pašnjačkih površina, drvenastih nasada i životinja pri čemu izostaju usjevi
- Agrosilvopastoralni sustav koji kombinira karakteristike silvoarabilnog i silvopastoralnog sustava, odnosno na istoj površini se uzgajaju jednogodišnji usjevi, drvenaste višegodišnje kulture i životinje

Pod svim navedenim sustavima moguće je obavljanje prakse međurednih usjeva. U međurednim usjevima i drvodredima, poljoprivredni ili hortikulturni usjevi uzgajaju se istovremeno s višegodišnjim nasadom drveća kako bi se osigurao godišnji prihod dok usjev stabala sazrije. Stabla se uzgajaju u širokim drvodredima između kojih se uzgajaju kulture kao što su žitarice, krmno bilje, povrće, itd. Razmak između redova je dizajniran tako da se prilagodi zreloj veličini stabala, a ostavlja prostor za planirane međuredne usjeve. Kada se biljke koje traže puno sunčeve svjetlosti, poput kukuruza ili nekog začinskog bilja uzgajaju, međuredovi moraju biti dovoljno široki da puštaju puno svjetla čak i kada stabla sazriju. Alternativno može se planirati promjena redoslijeda obrezivanja jer rast stabala smanjuje dostupno svjetlo. Usjevi poput soje ili kukuruza uzgajaju se kada su stabla mala, zatim kako se krošnja drveća širi uzgaja se krma za sijeno, konačno kada drveće potpuno izraste i površina bude više zasjenjena, međuredove mogu zauzeti stoka za ispašu ili usjevi otporni na sjenu poput ukrasnih biljaka (Muimba-Kankolongo, 2018.). Upravo je to najvažnija pretpostavka sustava međurednih usjeva koja navodi kako dodavanje organskog malča, bogatog hranjivima ima povoljne utjecaje na fizikalna i kemijska svojstva tla. Većina dostupnih rezultata istraživanja takvih sustava su dostupna od strane Međunarodnog instituta za tropsku poljoprivredu (IITA). Tako se prema određenim istraživanjima navodi kako se konstantnim obrezivanjem biljne vrste *L. leucocephala* održava viša razina organskih i hranjivih tvari unutar tla u usporedbi sa tlima gdje takav sustav nije prisutan. Rezultati drugih istraživanja su pokazala kako je u periodu od 6 godina stopa opadanja razine dušika, pH i sadržaja baza bila daleko manja u odnosu na tla kontrolnih tabli gdje nije bilo međurednih usjeva (Nair, 1993.). Utvrđeno je da prisutnost stabala snažno utječe na teksturu tla pri čemu poboljšava njegova fizikalna svojstva kao što su propusnost, strukturne agregate, sposobnost zadržavanja vode, reguliranje toplinskih odnosa što rezultira boljim uvjetima za rast usjeva. Dodatno utjecaj mogu imati krošnje drveća pri zaštiti tla od erozije uzrokovane vjetrom ili kišom. Na tlu pokrov od lišća ili korijenje u samom tlu također pridonose zaštiti od erozije. Nadalje, agrošumarski sustavi pridonose povećanju organske tvari u tlu što poboljšava fizikalna i kemijska svojstva. Jedno od istraživanja navodi kako je moguće povećanje organske tvari za 4 – 7 % u konsocijaciji crvene johe (*Alnus rubra Bong.*) i kukuruza u odnosu na usjeve kukuruza u monokulturi. Prisutnost većeg sadržaja organske tvari utječe na poboljšanje poroznosti i propusnosti tla (Batish i sur., 2007.). Raznolikost sustava i praksi korištenja zemljišta u agrošumarstvu na području pojasa



umjerene klime je nešto manja u odnosu na tropska područja. Dva najčešća sustav koja se upotrebljavaju su silvoarabilni pri oblikovanju vjetrozaštitnih pojaseva radi zaštite od erozije te silvopastoralni pri uzgoju domaćih životinja na raznim šumskim terenima i ekosustavima. Najraniji opisi upotrebe agrošumarstva u Europi i Bliskom istoku spominju se još u Bibliji gdje su opisane kombinacije nasada maslina i smokvi, zatim držanje domaćih životinja unutar nasada maslina i naranči. Renesansne slike su prikazivale uzgoj usjeva među drvećem i stoku koja se hrani žirom ili kestenjem (Nair, 1993.).



Slika 1. Drvenasti nasadi sa međusjevima ( izvor: <https://www.agforward.eu/silvoarable-agroforestry-in-the-uk.html> )

Posljednih godina porastao je interes za diverzificiranje prihoda na farmama kao i smanjivanja utjecaja poljoprivrede na okoliš što je rezultiralo intenzivnijim razvojem međurednih usjeva u područjima umjerenog klimatskog pojasa. Najčešći usjevi u SAD-u i Kanadi koji se koriste u

takvim sustavima su kukuruz (*Zea mays L.*), soja (*Glycine max L.*), tritikal (*Triticum spp.*) i zob (*Avena spp.*) u kombinaciji sa nasadima crnog oraha (*Juglans nigra L.*), pekan oraha (*Carya pecan*), hrastovima (*Quercus spp.*) i topolama (*Populus spp.*) (Jose i Andrew, 1998.). U Europi su također tijekom vremena razvijeni agrošumarski sustavi kao što su primjeri kombinacije običnog oraha (*Juglans regia L.*) sa lucernom i drugim krmnim travama. Navode se i primjeri uzgoja povrtlarskih kultura sa nasadima topola na područjima bivše Jugoslavije. Generalno se na područjima umjerenog klimatskog pojasa stabla u takvim sustavima sade u nešto širim redovima u odnosu na iste sustave u tropskim područjima kako bi se omogućilo korištenje mehanizacije između drvoreda. Još jedna razlika u odnosu na tropske sustave što se ne oslanjaju u velikoj mjeri na organski otpad stabala i grmlja radi održavanja plodnosti tla i njegove produktivnosti (Batish i sur., 2007.). Van Alfen i Neal (2014.) navode kako se ključna pitanja vezana uz praksu međurednih usjeva odnose nanjihovuekološku prilagodljivost i potražnju za radnom snagom. Opskrba hranjivim tvarima kroz malč koji se raspada ovisi o količini malča kao i o njegovoj kvaliteti i vremenu primjene. Ako ekološki uvjeti ne pogoduju proizvodnji dovoljnih količina malča kao što je slučaj u suhim tropima, nema primjetne prednosti u prakticiranju drvoreda. Pitanje velike potražnje za radnom snagom povezano je s rezidbom grmlja ili krošnji te ugradnjom biomase u polje. Postoje i neki problemi upravljanja štetnicima u sastojinama mješovitih vrsta, kao i novouvedenim vrstama, te natjecanju drveća i usjeva za resurse rasta kao što su hranjive tvari, voda i svjetlost. Svi ovi problemi pridonijeli su slaboj stopi prihvaćanja prakse uzgoja međurednih usjeva od strane poljoprivrednika.

## 2.2. Dušik

Dušik spada u grupu neophodnih elemenata. Podrijetlom je iz atmosfere a usvaja u mineralnom obliku i svrstava u grupu mineralnih elemenata. Sastavni je dio proteina, nukleinskih kiselina, fotosintetskih pigmenata, amina, amida i drugih spojeva koji čine osnovu života pa se smatra jednim od najbitnijih elemenata ishrane biljaka. Dušik u tlu je u obliku organskih i anorganskih spojeva. Organski dio predstavljen je humusom i nepotpuno razloženim biljnim i životinjskim ostacima. Mineralni dio, koji je potpuno raspoloživ za usvajanje, samo je mali dio ukupnog dušika tla, uglavnom u količini koja je nedovoljna za dobru ishranu poljoprivrednih biljnih vrsta. U poljoprivrednim tlima ukupna količina dušika je najčešće 0,1 - 0,3 %, od čega je za ishranu bilja pristupačno tijekom jedne vegetacijske sezone svega 1 do 3 % (Vukadinović i Vukadinović, 2018.). Dušik je hranjivi element kojeg biljke trebaju u većoj količini u usporedbi sa ostalim hranjivim elementima sadržanim u tlu. Unos dušika u tlo najčešće rezultira povećanjem prinosa. Mahunarke i određene vrste biljaka mogu uzeti dušik iz atmosfere ali većina biljaka ga unosi iz tla. U poljoprivrednoj proizvodnji dušik se dobiva kroz mineralizaciju organske tvari i ostalih vanjskih izvora koji mogu biti organski ili anorganski. Za optimalan prinos opskrba dušika mora biti sukladna potrebama biljke. Nedostatak dušika može imati izražene štetne učinke na razvoj usjeva i prinos. Rast usporava a listovi postaju klorotični jer nedostatak dušika ograničava sintezu proteina i klorofila. Nedostatak klorofila inhibira sposobnost biljke da se asimilira CO<sub>2</sub> i sintetizira ugljikohidrate što dovodi do slabog i preranog cvjetanja i plodnosti sa skraćivanjem ciklusa rasta (IAEA, 2008.). Dušična gnojiva dala su značajan doprinos utrostručenju globalne proizvodnje hrane u posljednjih 50 godina. Svjetska proizvodnja žitarica iznosila je 631 milijuna tona 1950. godine i 1840 milijuna tona u 2000. godini. Također su pridonijela s oko 40 posto povećanja proizvodnje hrane po glavi stanovnika u posljednjih pedeset godina. Trenutno se oko 40 posto ljudske populacije oslanja na dušična gnojiva za proizvodnju hrane. Oko 56 posto gnojiva koristi se za proizvodnju riže, kukuruza i pšenice. Ove žitarice i drugi usjevi koriste u prosjeku 50 posto ili manje primijenjenog dušika za proizvodnju nadzemne biomase. Ostalih 50 posto uglavnom se raspršuje u širem okolišu uzrokujući niz ekoloških nuspojava. Globalna potražnja za N gnojivom uvelike je diktirana proizvodnjom žitarica. Povećana potražnja za proizvodnjom žitarica, a time i N gnojiva, potaknuta je uglavnom rastom ljudske populacije, ali i povećanom potrošnjom životinjskih proizvoda po glavi stanovnika (Mosier i sur., 2004.). Važnu

ulogu fiksiranja dušika u agrošumarskim sustavima ima aktinoriza. Aktinoriza je rezultat simbiotskih odnosa specifičnih aktinomiceta iz roda *Frankia* koje imaju sposobnost fiksiranja dušika sa korijenjem stabala pri čemu se stvaraju nodule koje sudjeluju u procesu fiksiranja. U biljke domaćine spadaju rodovi *Alnus*, *Elaeagnus*, i *Casuarina*. Za naše podneblje važno je istaknuti da istu sposobnosti imaju vrste bagrema (*Robinia spp.*) i johe (*Alnus spp.*) (Werner i Newton, 2005.). U Kostarici su rašireni agrošumarski sustavi sa vrstom *Alnus Jorullensis* upravo zbog izražene sposobnosti fiksacije dušika. Iako nije poznata točna količina fiksiranog i transferiranog dušika općenito se smatra da ima veliki utjecaj. Osim spomenutih vrsta sposobnost nošenja nodula imaju i sve vrste roda *Coraria*. Tako je naprimjer kod vrste *Coriaria arborea* koja raste na Novom Zelandu izmjereno fiksiranje 192 kg N/ha. Generalno nije poznato koliko se fiksiranog dušika transferira biljkama koje nemaju sposobnost fiksacije unutar konsocijacije takvih kultura. Pretpostavlja se da će prilikom raspadanja nodula u kojima se skladišti fiksirani dušik doći do njegovog otpuštanja u tlo pri čemu će nakon mineralizacije postati dostupan biljkama (Nair, 1993.).

### 2.3.Kukuruz

Kukuruz (*Zea mays L.*) je kultura koja potječe iz Meksika odakle se proširio kao jedna od glavnih prehrambenih žitarica. Europljani otkrićem Južne i Sjeverne Amerike krajem 15. i početkom 16. stoljeća preuzimaju kukuruz te ga donose sa sobom u Europu ali ga šire i ostatkom svijeta u procesu kolonizacije (Danforth, 2009.). Kukuruz je pored pšenice i riže najzastupljenija žitarica na svjetskim oranicama koju također karakterizira i najveći potencijal rodnosti od svih žitarica. Prosječan prinos zrna kukuruza u svijetu 2010. godine iznosio je 5,18 t/ha, riže 4,34 t/ha, a pšenice 3,0 t/ha. Kukuruz je sirovinaska osnova za oko tisuću različitih industrijskih proizvoda kao što su različiti prehrambeni proizvodi, škrob, alkohol, ulje, dječja hrana, farmaceutska i kozmetička sredstva i tekstilni proizvodi. Također se koristi za proizvodnju bioetanola (Kovačević i Rastija, 2014.).



Slika 2. Konsocijacija oraha i kukuruza ( izvor: autor )

U literaturi se navode neki primjeri konsocijacije kukuruza sa drugim kulturama. Tako Solaimalai i sur. (2021.) navode uzgajanje kukuruza u konsocijsaciji sa običnim grahom (*Phaseolus vulgaris*), mletačkim grahom (*Vigna unguiculata*) i mungo grahom (*Vigna mungo*). Uzgajanje leguminoza u kombinaciji sa kukuruzom povoljno utječe na razinu dušika u zemlji odnosno takva vrsta konsocijacije ima neutralan ili pozitivan učinak na prinos kukuruza a također pridonosi boljoj iskoristivosti raspoloživog zemljišta. Osim navedenih leguminoza spominju se konsocijacije kukuruza sa bundevama i rižom pri čemu se navodi da takve konsocijacije smanjuju biomasu korova za 50 - 66 %.

#### 2.3.4. Fenološke faze kukuruza

Kovačević i Rastija (2014.) kod podjele opisa fenoloških faza kukuruza klasičnu podjelu navode kao najjednostavniju. Klasična podjela navodi sljedeće fenološke faze:

1. Klijanje podrazumijeva izlazak klicinog korijena iz sjemena pri čemu minimalna temperatura za klijanje iznosi oko 10°C, maksimalna oko 40°C do 45°C a optimalna od 32°C do 35°C.
2. Nicanjem se javlja prvi list na visini 2 centimetra od tla. Na temperaturi od 15°C do 20°C do nicanja dolazi za 8 do 10 dana a ako je temperatura veća od 20°C kukuruz nikne za 6 do 7 dana.
3. Ukorjenjivanje se javlja u fazi 3-4 lista kada izbija prvo nodijalno korijenje. Najveći dio mase korijenja je na dubini do 30 cm i širine 45 cm.
4. Formiranje nadzemnih organa započinje razvojem prva tri lista 5 - 7 dana nakon nicanja. Četvrti do sedmi list javljaju se vremenskim razmacima od 3 - 5 dana jedan za drugim. Nakon razvoja osmog i devetog lista usporava pojava listova te se razvijaju reproduktivni organi.
5. Formiranje reproduktivnih organa podrazumijeva pojavu muških i ženskih cvjetova odnosno stvaranja metlica i klipa.
6. Cvatnja metlice i klipa podrazumijeva pojavu otpuštanja peludi s prašnicima koje iznose prašničke niti tijekom cvatnje. Osim cvatnje metlice također dolazi do cvatnje klipa

odnosno do pojave svilanja 2 - 3 dana nakon prašenja metlice. Svila je receptivna za pelud otpuštenu iz metlice te dolazi do oplodnje.

7. Formiranjem zrnja dolazi do pojave klice i endosperma. U ovoj fazi vodenasti sadržaj je visok te iznosi oko 85 %. Normalna veličina zrna postiže se 20 - 25 dana nakon oplodnje.
8. Nalijevanje i sazrijevanje zrna predstavlja zadnju fazu u formiranju zrna pri čemu dolazi do nakupljanja suhe tvari i postepenog gubitka vodenastog sadržaja. U mliječnoj zriobi je razina vlažnosti oko 60°C do 65 % te ta faza traje 15 do 20 dana. U fazi tjestastog stanja nakupljeno je oko 50 % suhe tvari. Voštanom zriobom udio suhe tvari je oko 75 % a razine vlažnosti se kreće od 35 % do 55 %. Fiziološkom zriobom dolazi do prestanka nalijevanja zrna a razina vlage iznosi 30 % do 35 %. U fazi pune zriobe vlažnost zrna opada na 20 % do 25% što se smatra optimalnim sadržajem vlage za berbu jer tada dolazi do minimalnog oštećivanja i gubitka zrna.



## 2.4.Orah

Orah je orašasto voće koje se uzgaja u pojasu umjerene klime. Najraniji zapisi o uzgoju oraha sežu u doba antičke Grčke i Rima gdje su postali poznati kao Jovis Glans odnosno Jupiterov žir ili orah bogova. Izraz *Juglans* potječe iz rimske književnosti. Orah pripada obitelji Juglandaceae (Verma, 2014.). Obični orah (*Juglans regia* L) porijeklom je s područja u Euroaziji koja se proteže od Bliskog istoka do Himalaja i zapadne Kine. Ova pojedinačna vrsta poznata je pod raznim nazivima kao što su perzijski, francuski, turski, talijanski, čerkeski i karpatski orah. Osim orašastih plodova, drvo je također izvor visokokvalitetnog drva za namještaj i kundake (Burley i sur., 2004.). Najveći proizvođači oraha su Kina, Iran, SAD, Turska, Ukrajina, Meksiko, Francusku, Indija, Rumunjska i Čile. Ovih deset zemalja doprinosi oko 90 % svjetske proizvodnje (Verma, 2014.). Prethodno smo naveli primjer konsocijacije oraha sa lucernom a Jose i Gillespie (1998.) navode primjer međusjeka kukuruza s crnim orahom (*Juglans nigra* L.) pri čemu je orah imao nepovoljan alelopatski učinak na prinos kukuruza. Odvajanjem korijenovog sustava oraha od usjeva postignuto je povećanje prinosa za 62 %.

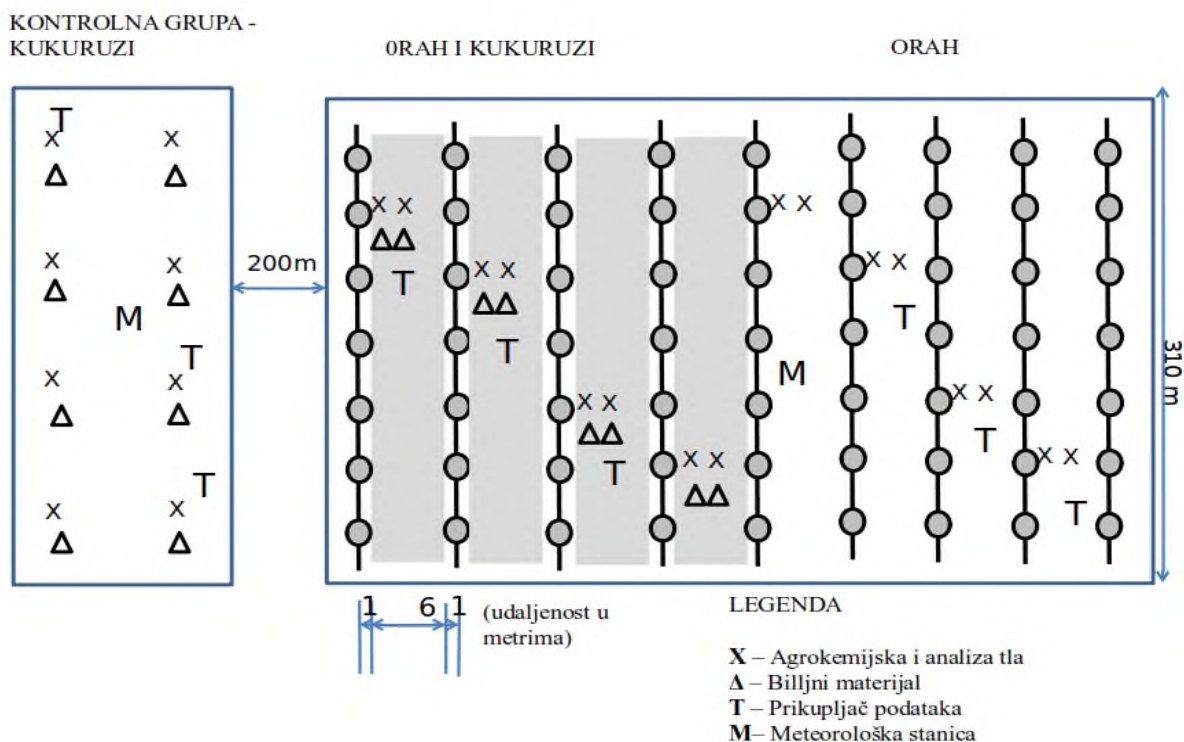


Slika 3. Nasad oraha ( izvor: autor )



### 3. MATERIJAL I METODE

Terenska istraživanja su vršena na lokalitetu u Đakovu. Lokalitet se sastoji od nasada oraha gdje je između prvih pet redova oraha usijan kukuruz. Razmak između redova oraha je 8 metara a usijana je površina širine 6 metara između dva drvoreda. Na udaljenosti od 200m posijan je kukuruz na kontrolnoj parceli bez oraha (Slika 4.). Uzorkovanje tla vršeno je prema navedenoj shemi pomoću agrokemijskih sonde za uzorkovanje tla. Prilikom uzorkovanja tla uzimana su dva uzorka sa istog mjesta uboda odnosno uziman je površinski uzorak do dubine od 30 cm i drugi uzorak na dubini od 30 – 60 cm. Osim uzimanja uzoraka tla vršeno je prikupljanje uzoraka biljka kroz vegetaciju četiri puta odnosno po šesnaest uzorka biljaka su uzete sa površine pod konsocijacijom i šesnaest sa kontrolne površine. Sa svake biljke skinut je list ispod klipa u svrhu analize razine dušika.



Slika 4. Shema uzorkovanja

### 3.1. Analiza dušika u tlu

Prikupljeni uzorci zapakirani su u posebno označene vrećice. Dio uzorka je spremljen u hladnjak kako bi ostao u prirodnom stanju s trenutnim sadržajem vlage za mjerenje dušika a ostatak uzorka je očišćen od primjesa drugih tvari kako bi se pripremio za sušenje i daljnju analizu ostalih osnovnih svojstava tla. Analiza mineralnog dušika u tlu provedena je iz uzoraka u nativnom tj. prirodnom stanju. Analize amonijskog i nitratnog dušika su vršene na Skalar CFA uređaju.



Slika 5. Sušenje uzoraka tla ( izvor: autor )

### 3.1.1. Određivanje amonijskog dušika

Postupak za određivanje amonijaka temelji se na modificiranoj Berthelot reakciji. Nakon dijalize protiv puferne otopine pH 5,2 uzorak amonijaka se klorira u monokloramin koji reagira sa salicilatom u 5-aminosalicilat. Nakon oksidacije i oksidativnog spajanja nastaje zeleno obojeni kompleks. Dobiveni uzorak se miješa sa destiliranom vodom u omjeru 1:5 te se nakon sat vremena miješanja uzima ekstrakt nakon filtracije (HRN EN ISO 11732:2008).

### 3.1.2. Određivanje nitratnog dušika

Određivanje nitratnog dušika temelji se na metodi redukcije hidrazina. Nitrat se reducira u nitrit pomoću hidrazinijevog sulfata i nitrita nakon čega se određuje diazotiranjem sulfanilamidom i spajanjem s N – (1-naftil) etilendiamin dihidroklorid da nastane intenzivno obojena azo boja. Isto kao i za amonijski dušik, uzorak se miješa sat vremena sa destiliranom vodom, vrši se filtracija i uzima uzorak (HRN EN ISO 13395:1996).

## 3.2. Analiza dušika u biljci

Određivanje dušika u biljnom materijalu provedeno je Kjeldahl metodom. Razaranje biljnog materijala provedeno je na bloku za razaranje smjesom kiselina. Destilacija dušika je provedena tako da smo u erlenmeyerovu tikvicu dodali 20 ml vode, 20 ml razrijeđene sumporne kiseline i četiri kapi tašir indikatora. Nakon toga dodano je 10 ml razorenog uzorka u kivetu zajedno sa erlenmeyerovom tikvicom u destilacijsku jedinicu u kojoj dolazi do miješanja vode i NaOH. Destilacija traje oko 5minuta a nakon toga uzorku iz erlenmeyerove tikvice dodavali smo kapi NaOH dok uzorak nije promijenio boju iz ljubičaste u zelenu. Kad dodavanjem NaOH uzorak prestane mijenjati boju dosegli smo graničnu vrijednost koju se bilježili te se iz nje bilježi postotak dušika. Iz dobivenih rezultata određuje se sadržaj proteina u zrnu ( Đurđević, 2014.).



Slika 6. Destilator ( izvor: autor )



Slika 7. Titrator ( izvor: autor )

### 3.3. Visina, masa i prinos biljaka

Mjerenje visine i mase biljaka vršeno je tijekom faze 5 - 6 listova, vodene faze, voštane faze i faze žetve. Tijekom svake faze prikupljeno je po četiri uzorka iz kontrole i četiri uzorka iz konsocijacije pri čemu se svaki od uzoraka sastojao od četiri biljke. Prinos kukuruza je dobiven analizom osam redova kukuruza duljine 14.3 metara, četiri reda iz konsocijacije i četiri reda iz kontrole.

### 3.4. LAI i SPAD vrijednosti

Mjerenje indeksa lisne površine izvršeno je na način da smo izmjerili dužinu i širinu svih listova biljaka koje su uzeti kao uzorci. Dužina i širina listova svakog lista množi se sa koeficijentom 0,75 nakon čega se zbrajaju vrijednosti svakog pojedinog lista iste biljke. Dobivena vrijednost se množi sa brojem biljaka po 1 m<sup>2</sup> iz čega se dobiva vrijednost indeksa lisne površine. Uređaj SPAD-502 (SoilPlant Analysis Development, Minolta, Japan) korišten je za dobivanje tzv. SPAD vrijednosti zelenila, koje pokazuju relativnu količinu klorofila prisutnog u listovima biljaka.

### 3.5. Elementarna analiza zrna kukuruza

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

### 3.6. Analize osnovnih svojstva tla

#### 3.6.1. Određivanje pH razine

Vrijednost pH je mjera koncentracije vodikovih iona u otopini i također se spominje kao stupanj kiselosti ili lužnatosti (De Vivo i sur. 2008.). Prilikom određivanja pH vrijednosti uzima se dio uzorka tla koji je sušen na maksimalnoj temperaturi od 40 °C. Na uzeti uzorak tla dodaje se pet puta veći volumen otopine KCl nakon čega se vrši miješanje uzorka u aparaturi za miješanje. Vrijednosti se mjere pH metrom nakon što je proteklo najmanje dva sata od miješanja (ISO, 1994.).

#### 3.6.2. Humus

Organska tvar utječe na niz vrlo značajnih fizičkih i kemijskih svojstava tla kao što su struktura, kapacitet za vodu, sorpciju iona i sadržaj neophodnih elemenata. Podrijetlom je od ostataka živih organizama koji su više ili manje razloženi i zatim najvećim dijelom iznova grade organske spojeve tla (Vukadinović i Vukadinović, 2018.). Metoda određivanja količine humusa zasniva se na mokrom spaljivanju organske tvari pomoću K-bikromata. Pritom se odvija reakcija koju je moguće izmjeriti spektrofotometrijski jer se narančasta boja otopine mijenja u zelenu. Promjena boje koristi se za spektrofotometrijsko određivanje organskog ugljika pri čemu se koristi valna duljina od 585 nm (Đurđević, 2014.).

#### 3.6.3. Određivanje lakopristupačnog fosfora i kalija

Određivanje lakopristupačnog fosfora i kalija temelji se na AL-metodi pri čemu se vrši ekstrakcija fosfora i kalija iz tla pufernom otopinom amonijevog laktata čiji je pH 3,75. Kod određivanja fosfora serija standarda i uzorci mjere se pomoću spektrofotometra na valnoj duljini od 650 nm pri čemu se standardi koriste prilikom izrade kalibracijske krivulje kojom se izračunava količina fosfora u tlu a izražava se u mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 100g<sup>-1</sup> tla. Pristupačne količine kalija utvrđuju se direktno iz ekstrakta tla emisijom na AAS-u ili na plamenofotometru i izražavaju se u mg K<sub>2</sub>O 100g<sup>-1</sup> tla ( Đurđević, 2014.).

## 4. REZULTATI

### 4.1. Rezultati analize osnovnih svojstava tla

Rezultati ispitivanja promatranih parametara (Tablica 1.) ukazuju na izostanak statistički značajnih razlika u slučaju ispitivanja ukupnog Nmin-a i sadržaja lakopristupačnog fosfora. U slučaju ispitivanog pH izražena je statistički značajna razlika pri čemu je prosjek vrijednosti pH konsocijacije i voćnjaka veći u odnosu na kontrolnu parcelu. Također rezultati ispitivanja humusa ukazuju na veću razinu u konsocijaciji i voćnjaku gdje postoji statistički značajna razlika u odnosu na kontrolnu tablu. Statistički značajna razlika vidljiva je pri ispitivanju kalija pri čemu voćnjak sadrži veću koncentraciju u odnosu na kontrolu i konsocijaciju.

Tablica 1. Analiza osnovnih svojstava tla

varijable	tretmani	N	prosjek
pHH <sub>2</sub> O	konsocijacija	40	6.39 <sup>A</sup>
	kontrola	40	5.58 <sup>B</sup>
	voćnjak	32	6.18 <sup>A</sup>
humus	konsocijacija	40	2.13 <sup>A</sup>
	kontrola	40	1.7 <sup>B</sup>
	voćnjak	32	2.18 <sup>A</sup>
AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	konsocijacija	40	10.23 <sup>A</sup>
	kontrola	40	11.04 <sup>A</sup>
	voćnjak	32	11.09 <sup>A</sup>
AL-K <sub>2</sub> O	konsocijacija	40	14.95 <sup>B</sup>
	kontrola	40	13.09 <sup>B</sup>
	voćnjak	32	19.14 <sup>A</sup>
ukupni Nmin	konsocijacija	40	26.7 <sup>A</sup>
	kontrola	40	33.4 <sup>A</sup>
	voćnjak	32	26.07 <sup>A</sup>

#### 4.2. Rezultati analize nitratnog i amonijskog dušika po pojedinim fazama

U tlu nitratni i amonijski dušik u dubini ukorjenjenja usjeva izravno su dostupni biljkama. Ova dva oblika dušika mjere se Nmin metodom i uzimaju se u obzir pri procjeni količine dušikovog gnojiva za ratarske usjeve (Mengel, 1991.). Tijekom analize nitratnog i amonijskog dušika prikupljeno je po osam uzoraka iz svake parcele. Analizom nitratnog i amonijskog dušika utvrđeno je da nema statistički značajne razlike u fazama prije sjetve, fazi 5 - 6 listova i voštanoj fazi. Jedino u vodenoj fazi (Tablica 4.) rezultati ukazuju na dvostruko veću koncentraciju nitratnog dušika u kontrolnoj tabli u odnosu na voćnjak i konsocijaciju. Analiza ukupnog Nmin-a pokazuje statistički značajnu razliku u vodenoj fazi (Tablica 4.) gdje je iskazana vrijednost koncentracije značajno veća u kontrolnoj parceli u odnosu na voćnjak i konsocijaciju.

Tablica 2. Faza prije sjetve

varijable	tretmani	N	prosjek
<b>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> mg/kg (SVJ. TV.)</b>	konsocijacija	8	9.77 <sup>A</sup>
	kontrola	8	8.91 <sup>A</sup>
	voćnjak	8	15.68 <sup>A</sup>
<b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> mg/kg (SVJ. TV.)</b>	konsocijacija	8	2.97 <sup>A</sup>
	kontrola	8	3.95 <sup>A</sup>
	voćnjak	8	7.48 <sup>A</sup>
ukupni Nmin	konsocijacija	8	12.74 <sup>A</sup>
	kontrola	8	12.87 <sup>A</sup>
	voćnjak	8	23.15 <sup>A</sup>



Tablica 3. Faza 5 - 6 listova

varijable	tretmani	N	prosjek
<b>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> mg/kg (SVJ. TV.)</b>	konsocijacija	8	44.0 <sup>A</sup>
	kontrola	8	44.05 <sup>A</sup>
	voćnjak	8	25.73 <sup>A</sup>
<b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> mg/kg (SVJ. TV.)</b>	konsocijacija	8	6.98 <sup>A</sup>
	kontrola	8	9.21 <sup>A</sup>
	voćnjak	8	7.03 <sup>A</sup>
ukupni Nmin	konsocijacija	8	51.6 <sup>A</sup>
	kontrola	8	47.43 <sup>A</sup>
	voćnjak	8	33.41 <sup>A</sup>

Tablica 4. Vodena faza

varijable	tretmani	N	prosjek
<b>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> mg/kg (SVJ. TV.)</b>	konsocijacija	8	20.16 <sup>B</sup>
	kontrola	8	41.77 <sup>A</sup>
	voćnjak	8	19.80 <sup>B</sup>
<b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> mg/kg (SVJ. TV.)</b>	konsocijacija	8	7.55 <sup>A</sup>
	kontrola	8	5.37 <sup>A</sup>
	voćnjak	8	7.48 <sup>A</sup>
ukupni Nmin	konsocijacija	8	27.14 <sup>B</sup>
	kontrola	8	50.98 <sup>A</sup>
	voćnjak	8	26.83 <sup>B</sup>

Tablica 5. Voštana faza

varijable	tretmani	N	prosjek
<b>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> mg/kg (SVJ. TV.)</b>	konsocijacija	8	22.60 <sup>A</sup>
	kontrola	8	27.70 <sup>A</sup>
	voćnjak	8	20.19 <sup>A</sup>
<b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> mg/kg (SVJ. TV.)</b>	konsocijacija	8	9.17 <sup>A</sup>
	kontrola	8	11.04 <sup>A</sup>
	voćnjak	8	9.18 <sup>A</sup>
ukupni Nmin	konsocijacija	8	31.78 <sup>A</sup>
	kontrola	8	38.75 <sup>A</sup>
	voćnjak	8	29.37 <sup>A</sup>

Tablica 6. Faza žetve

varijable	tretmani	N	prosjek
<b>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> mg/kg (SVJ. TV.)</b>	konsocijacija	8	7.09 <sup>A</sup>
	kontrola	8	13.12 <sup>A</sup>
	voćnjak	8	15.52 <sup>A</sup>
<b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> mg/kg (SVJ. TV.)</b>	konsocijacija	8	3.18 <sup>A</sup>
	kontrola	8	3.86 <sup>A</sup>
	voćnjak	8	4.10 <sup>A</sup>
ukupni Nmin	konsocijacija	8	10.28 <sup>A</sup>
	kontrola	8	16.99 <sup>A</sup>
	voćnjak	8	19.62 <sup>A</sup>

### 4.3. Visina biljaka

Visina biljaka je promatrana kroz četiri faze. U svakoj od promatranih faza vidljive su statistički značajne razlike u visini biljaka između biljaka konsocijacije i biljaka unutar kontrolne grupe. Tako u fazi 5 - 6 listova zabilježena je prosječna visina biljaka od 35,5 cm unutar konsocijacije dok unutar kontrolne grupe prosječna visina 22,9 cm. Prosječna visina kukuruza u vodenoj fazi unutar konsocijacije je 221,9 cm dok je u kontrolnoj grupi iznosila 181,8 cm. Tijekom voštane faze unutar konsocijacije izmjereno je 227,9 cm a u kontrolnoj grupi 180 cm. U fazi žetve prosječna visina unutar konsocijacije iznosi 222,8 cm a u kontrolnoj grupi 180 cm.

Tablica 7. Visina biljke

Faze	Varijabla	Tretmani	N	Prosjek
Faza 5-6 listova	visina	konsocijacija	8	35.45 <sup>A</sup>
		kontrola	4	22.85 <sup>B</sup>
Vodena faza	visina	konsocijacija	4	221.94 <sup>A</sup>
		kontrola	4	181.75 <sup>B</sup>
Voštana faza	visina	konsocijacija	4	227.94 <sup>A</sup>
		kontrola	4	180.00 <sup>B</sup>
Faza žetve	visina	konsocijacija	4	222.75 <sup>A</sup>
		kontrola	4	180.00 <sup>B</sup>

#### 4.4. Masa cijele biljke

Masa biljke je mjerena kroz faze 5-6 listova, vodene faze i voštane faze. U svakoj od promatranih faza dobiveni rezultati ukazuju na statistički značajnu razliku u masi biljaka pri čemu je primijećena veća masa kod biljaka unutar konsocijacije. Prosječna masa biljaka unutar konsocijacije iznosila je 0,66 g dok je u kontrolnoj grupi iznosila 0,39 g. Tijekom vodene faze prosječna masa biljaka unutar konsocijacije iznosi 196,3 g a u kontroli 106,2 g. Prosječna masa voštane faze unutar konsocijacije je 196,3 g a unutar kontrolne grupe 106,3 g.

Tablica 8. Masa biljaka kroz pojedine faze

Faze	Varijabla	Tretmani	N	Prosjek
Faza 5-6 listova	Masa suh.	konsocijacija	8	0.66 <sup>A</sup>
		kontrola	4	0.39 <sup>B</sup>
Vodena faza	Masa suh.	konsocijacija	4	196.3 <sup>A</sup>
		kontrola	4	106.25 <sup>B</sup>
Voštana faza	Masa suh.	konsocijacija	4	196.3 <sup>A</sup>
		kontrola	4	106.25 <sup>B</sup>

#### 4.5. LAI i SPAD

Indeks lisne površine (LAI) označava količinu lisne površine u ekosustavu. LAI se smatra jednim od najvažnijih parametara za razumijevanje postojećih ekoloških, hidroloških i biogeokemijskih procesa (Liang i Wang, 2020.). Pri mjerenju indeksa lisne površine kroz sve tri promatrane faze uočena je statistički značajna razlika, odnosno LAI je izražavao veću vrijednost pod konsocijacijom u odnosu na kontrolu. SPAD je prenosivi uređaj kojim se na nedestruktivan način određuje koncentracija klorofila u lišću biljaka. Istraživanjima je utvrđena pozitivna korelacija između razine klorofila i dušika (Van den Berg i Perkins, 2004.). Kao i kod promatranja indeksa lisne površine u svim promatranim fazama iskazana je statistički značajna razlika između konsocijacije i kontrole. Rezultati ispitivanja SPAD uređajem iskazuju veće vrijednosti unutar konsocijacije.

Tablica 9. LAI i SPAD

Faze	varijable	tretmani	N	prosjeak
Faza 5-6 listova	LAI	konsocijacija	8	0.1324 <sup>A</sup>
		kontrola	4	0.06616 <sup>B</sup>
	SPAD avg.	konsocijacija	8	33.680 <sup>A</sup>
		kontrola	4	31.185 <sup>B</sup>
Vodena faza	LAI	konsocijacija	4	3.4730 <sup>A</sup>
		kontrola	4	2.997 <sup>B</sup>
	SPAD avg.	konsocijacija	4	57.06 <sup>A</sup>
		kontrola	4	40.465 <sup>B</sup>
Voštana faza	LAI	konsocijacija	4	4.944 <sup>A</sup>
		kontrola	4	3.208 <sup>B</sup>
	SPAD avg.	konsocijacija	4	55.450 <sup>A</sup>
		kontrola	4	49.444 <sup>B</sup>

#### 4.6. Elementarni sastav biljke

Ispitivanjem elementarnog sastava biljaka vidljivo je opadanje koncentracije hranjivih elemenata kroz faze sa pojedinim iznimkama. Koncentracija kalija konstantno opada rastom biljke pri čemu je vidljivo da nema statistički značajne razlike između konsocijacije i kontrole. Kod bakra je prisutno povećanje koncentracije u vodenoj i voštanoj fazi nakon čega je vidljiv nagli pad koncentracije u fazi žetve. Statistički značajna razlika između kontrole i konsocijacije u koncentraciji bakra prisutna je u fazi 5 - 6 listova i voštanoj fazi. Koncentracija željeza opada kroz sve faze pri čemu nema statističke značajne razlike između kontrole i konsocijacije. Kod mangana vidljiv je porast koncentracije u voštanoj fazi da bi zatim naglo pala. Statistički značajna razlika vidljiva je samo u fazi 5 - 6 listova. Isto tako je utvrđena statistički značajna razlika u fazi 5 - 6 listova kod cinka. Također je uočeno povećanje koncentracije cinka u voštanoj fazi nakon čega opada. Analizom fosfora prisutna je statistički značajna razlika u fazi 5 - 6 listova pri čemu koncentracija konstantno opada unutar konsocijacije dok je unutar kontrolne table zabilježen porast tijekom vodene faze nakon čega se nastavlja pad količine fosfora. Mjerenjem dušika vidljive su statistički značajne razlike u vodenoj, voštanoj i fazi žetve. Opadanje razine dušika rimjetno je u konsocijaciji i kontroli.

Tablica 9. Elementarni sastav biljaka

varijable	tretmani	N	prosjeak	prosjeak	prosjeak	prosjeak
K (mg/kg)	konsocijacija	8	38094 <sup>A</sup>	17851 <sup>A</sup>	13116 <sup>A</sup>	3358.3 <sup>A</sup>
	kontrola	4	30993 <sup>A</sup>	19428 <sup>A</sup>	16564 <sup>A</sup>	3516 <sup>A</sup>
Cu(mg/kg)	konsocijacija	8	9.58 <sup>A</sup>	10.17 <sup>A</sup>	15.27 <sup>A</sup>	1.91 <sup>A</sup>
	kontrola	4	8.48 <sup>B</sup>	9.44 <sup>A</sup>	10.51 <sup>B</sup>	1.82 <sup>A</sup>
Fe(mg/kg)	konsocijacija	8	415.9 <sup>A</sup>	201.1 <sup>A</sup>	156.6 <sup>A</sup>	17.27 <sup>A</sup>
	kontrola	4	609.5 <sup>A</sup>	227.6 <sup>A</sup>	198.0 <sup>A</sup>	18.80 <sup>A</sup>
Mn(mg/kg)	konsocijacija	8	57.66 <sup>A</sup>	52.09 <sup>A</sup>	72.9 <sup>A</sup>	3.61 <sup>A</sup>
	kontrola	4	92.46 <sup>B</sup>	49.70 <sup>A</sup>	99.60 <sup>A</sup>	4.56 <sup>A</sup>
Zn(mg/kg)	konsocijacija	8	30.64 <sup>A</sup>	28.44 <sup>A</sup>	29.59 <sup>A</sup>	18.94 <sup>A</sup>
	kontrola	4	39.06 <sup>B</sup>	20.01 <sup>A</sup>	31.61 <sup>A</sup>	22.37 <sup>A</sup>
P(mg/kg)	konsocijacija	8	4257 <sup>A</sup>	3774 <sup>A</sup>	2850.3 <sup>A</sup>	2557 <sup>A</sup>
	kontrola	4	2687 <sup>B</sup>	3259 <sup>A</sup>	2994 <sup>A</sup>	2510 <sup>A</sup>
N (%)	konsocijacija	8	4.33 <sup>A</sup>	3.5162 <sup>A</sup>	2.75 <sup>A</sup>	1.29 <sup>A</sup>
	kontrola	4	4.18 <sup>A</sup>	2.690 <sup>B</sup>	2.54 <sup>B</sup>	1.41 <sup>B</sup>
			Faza 5-6 listova	Vodena faza	Voštana faza	Faza žetve

#### 4.7. Prinos

Pri određivanju prinosa prikupljena su 4 uzorka sa kontrolne parcele i konsocijacije te mjerenjem nije ustanovljena statistički značajna razlika. Prinos po usijanoj površini na kontrolnoj parceli je iznosio 9.44 t/ha dok je unutar konsocijacije iznosio 9.12 t/ha.

Tablica 10. Prinos kukuruza

tretmani	N	prosjeak
kontrola	4	9.44 <sup>A</sup>
konsocijacija	4	9.12 <sup>A</sup>

## 5. RASPRAVA

Promatrajući Nmin kroz pojedine faze uočena je veća koncentracija dušika tj. statistički značajna razlika između kontrolne table i konsocijacije u vrijeme vodene faze odnosno faze formiranja i nalijevanja zrna. To ukazuje na moguću kompeticiju oraha i kukuruza za uzimanje potrebnog dušika. Ova pretpostavka se temelji se na istraživanjima Jose i sur. (2000.) pri čemu su se vršila ispitivanja razine dušika u konsocijaciji crnog oraha i kukuruza. Istraživanje se vršilo na način da su u jednom dijelu postavljene barijere između korijena oraha i kukuruza dok je drugi dio ispitivanog uzorka postavljen bez barijere. Kod tretmana sa barijerom uočeni su veći prinosi biomase i zrna kukuruza ukazujući na bolju iskoristivost dušika odnosno na smanjenu kompeticiju za vodom kroz koju biljke unose hranjive tvari. Također u prilog prethodno navedenoj pretpostavci ide i rezultat istog istraživanja prema kojem je sadržaj dušika u lišću oraha tretmana bez barijere veći za 18.4 % iz čega je izveden zaključak kako je korijenje priskrbilo dušik iz većeg volumena tla. Osim navedenog primijećeno je kako su unutar tretmana bez barijere prvi redovi kukuruza do nasada oraha u pravilu imali veći postotak iskorištenog dušika iz gnojiva nego iz samog tla iz čega je izveden zaključak da je u toj zoni nastao manjak dušika mineraliziranog iz tla. Kovačević i Rastija (2014.) navode kako su potrebe kukuruza za vodom najveće upravo u fazi metličanja i na početku nalijevanja zrna. Rezultati ovog diplomskog rada također daju naslutiti da je u konsocijaciji bila veća iskoristivost dušika što se može pretpostaviti iz statistički značajno viših i većih biljaka kukuruza u konsocijaciji dok su u tlu zabilježene niže vrijednosti Nmin-a u konsocijaciji u odnosu na kontrolu.

Rezultati testiranja LAI i SPAD iskazuje statistički značajnu razliku između konsocijacije i kontrolne grupe u svim fazama odnosno LAI i SPAD iskazuju veće vrijednosti unutar konsocijacije. Prema istraživanjima Sabo i sur. (2022.) postoji pozitivna korelacija između dostupnosti dušika biljkama i LAI vrijednosti pri čemu većom dostupnošću dušika biljkama povećava se vrijednost LAI indexa što je u kontradikciji sa dobivenim rezultatima na ispitivanom polju gdje je jedina statistički značajna razlika bila u vodenoj fazi. LAI indeks pokazuje veće vrijednosti unutar konsocijacije u svim fazama rasta. Unutar iste studije utvrđena je i pozitivna korelacija između dušika i sadržaja klorofila.



Chen i sur. (2017.) navode kako je utvrđena pozitivna korelacija između indeksa lisne površine i prinosa zrna pri čemu rezultati ostvareni na lokalitetu Đakova nisu u skladu sa navedenom tvrdnjom. Iako rezultati LAI indeksa pokazuju veće vrijednosti u konsocijacijskoj grupi ostvareni prinos je nešto veći u kontrolnoj grupi i iznosi 8,4 t/ha u odnosu na ostvarenih 8,0 t/ha unutar konsocijacije. Pritom moramo istaknuti da razlika u prinosu kukuruza nije statistički značajna.

## 6. ZAKLJUČAK

Na temelju dobivenih rezultata ustanovljeno je da općenito nema statistički značajne razlike između konsocijacijske i kontrolne grupe po pitanju sadržaja dušika u tlu. Izuzetak je primijećen unutar vodene faze odnosno faze nalijevanja zrna kad je koncentracija nitratnog dušika bila značajno veća unutar kontrolne grupe što ukazuje na moguću kompeticiju kukuruza i oraha za vodom. Potrebe kukuruza za vodom upravo su najveće u periodu metličanja i nalijevanja zrna. Statistički značajna razlika između dvije grupe uočena je prilikom ispitivanja mase i visine stabljika kukuruza što sugerira i bolju iskoristivost dušika a samim time i objašnjava niže vrijednosti dušika u tlu konsocijacije u odnosu na tlo kontrolne parcele. Osim navedenog značajno veće vrijednosti iskazane su u mjerenjima indeksa lisne površine i klorofila. Indeks lisne površine i koncentracija klorofila pokazuju značajno veće vrijednosti unutar konsocijacije. Isto tako iskazan je veći prinos zrna kukuruza unutar kontrolne grupe iako ne postoji statistički značajna razlika u odnosu na konsocijaciju.

## 7. POPIS LITERATURE

1. Batish, D. R., Kholi, R. K., Jose, S., Singh, H. P., ( 2007.): Ecological basis of agroforestry. Taylor and Francis Group, LLC 16-23
2. Burley, J., Evans, J., Jounquist J.A., (2004.):Encyclopedia of forrest science. Elsevier Inc., San Diego 1427-1430
3. Chen, K., Camberato, J.J. and Vyn, T.J. (2017.): Maize Grain Yield and Kernel Component Relationships to Morphophysiological Traits in Commercial Hybrids Separated by Four Decades. Crop Science, 57: 1641-1657. <https://doi.org/10.2135/cropsci2016.06.0540>
4. Đurđević, B. (2014.): Praktikum iz ishrane bilja. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Poljoprivredni fakultet Osijek. 20-25
5. Danforth, A.T., (2009.): Corn crop production: Growth, fertilization and yield. Nova Science Publishers. New York 2
6. De Vivo, B., Belkin H. E., Limma A., (2008.): ENVIRONMENTAL GEOCHEMISTRY Site Characterization, Data Analysis and Case Histories. 43
7. International atomic energy agency, (2008.): Guidelines on NitrogenManagement in Agricultural Systems. IAEA, Vienna
8. International Organization for Standardization (1994.): Soil quality – Determination of pH. ISO 10390:1994.
9. International Organization for Standardization (1996.): Determination of nitrite nitrogen and nitrate nitrogen and the sum of both by flow analysis (CFA) and spectrometric detection. ISO 13395:1996.
10. International Organization for Standardization (2008.): Determination of ammonium by flow analysis and spectrometric determinaton. ISO 11732:2008.
11. Jose S., Gillespie, Andrew R. (1998.): Allelopathy in black walnut (*Juglans nigra* L.) alley cropping. I.Spatio-temporal variation in soil juglone in a black walnut–corn (*Zeamays* L.) alley cropping system in the midwestern USA. University of Missouri

12. Jose, S., Gillespie, A.R., Seifert, J.R. et al (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  
<https://doi.org/10.1023/A:1006241406462>
13. Jose, S., Gordon, Andrew M., (2008.): *Toward Agroforestry Design An Ecological Approach*. University of Florida, Gainesville, Florida, U.S.A. 3
14. Kang, B.T., Atta-Krah, A.N., Reynolds L., (1999.): *Alley farming*. MACMILLAN EDUCATION LTD London and Basingstoke. 3-4
15. Kovačević V., Rastija M., (2014.): *Žitarice*. Poljoprivredni fakultet u Osijeku. 125-126. 148
16. Liang, S., Wang J.,(2022.): *Advanced remote sensing: Terrestrial Information Extraction and Applications*. 2020 Elsevier inc. 406
17. Mengel, K., (1991.): Available nitrogen in soils and its determination by the 'Nmin-method' and by electro-ultrafiltration (EUF). *Fertilizer Research*28, 251-262  
<https://doi.org/10.1007/BF01054326>
18. Mosier, A.R., Syers J.K., Freney J.R., (2004.): *Agriculture and the Nitrogen Cycle*. Scientific Committee on Problems of the Environment. 3-19
19. Muimba - Kankolongo, A., (2018.): *Food Crop Production by Smallholder Farmers in Southern Africa*. Elsevier Inc. 54
20. Ramachandran Nair, P. K., (1993.): *Introduction in agroforestry*. Kluwer Academic Publishers. 32. 444-127
21. Rigueiro-Rodríguez, A., Mcadam, J. H., Rosa Mosquera-Losada, M., (2009.): *Agroforestry in Europe: Current Status and Future Prospects*. Springer Science + Business Media B.V. 85
22. Szabó, A, Mousavi SMN, Bojtor C, Ragán P, Nagy J, Vad A, Illés Á., (2022.): Analysis of Nutrient-Specific Response of Maize Hybrids in Relation to Leaf Area Index (LAI) and Remote Sensing. *Plants (Basel)*.;11(9):1197. doi: 10.3390/plants11091197
23. Van Alfen, Neal K., (2014.): *Encyclopedia of agriculture and food systems*. University of California, Davis, CA, USA. 275

24. Van den Berg, A.K., Perkins, T.D., (2004.): Evaluation of a portable chlorophyll meter to estimate chlorophyll and nitrogen contents in sugar maple (*Acer saccharum* Marsh.) leaves. *Forest Ecology and Management* Volume 200. 113-117
25. Verma, M.K. (2014.): *Walnut Production Technology*. Indian Agricultural Research Institute, New Delhi. 1-12
26. Vukadinović, V., Vukadinović, V., (2011.): *Ishrana bilja*. Poljoprivredni fakultet u Osijeku. 76-77. 161
27. Werner D., E. Newton W., (2005.) *Nitrogen Fixation in Agriculture, Forestry, Ecology, and the Environment*. Published by Springer. 143-144

## 8. SAŽETAK

Istraživanje utjecaja konsocijacije oraha u kukuruza na dušik u tlu sprovedeno je na lokalitetu blizu Đakova. Istrživanje se vršilo na način da su uzimani uzorci tla i biljaka sa kontrolnog polja kukuruza i iz konsocijacije oraha i kukuruza tijekom različitih faza rasta. Analizom uzetih uzoraka dobiveni su rezultati sadržaja osnovnih svojstava tla, sadržaja dušika, mase i visine biljke, indeska lisne površine i koncentracije klorofila. Rezultati dobiveni analizom amonijskog i nitratnog dušika kroz različite faze rasta kukuruza ukazuju kako nema značajne statističke razlike između konsocijacije i kontrolne grupe osim u vodenoj fazi, kad je primjećena značajno veća koncentracija nitratnog dušika u kontrolnoj grupi što ukazuje na moguću kompeticiju oraha i kukuruza za vodom kroz koju biljke uzimaju dušik. Rezultatima mjerenja mase i visine biljaka, indeska lisne površine te klorofila iskazane su značajno veće vrijednosti unutar konsocijacije, dok je prinos zrna bio veći unutar kontrolne grupe iako nije bilo statistički značajne razlike.

Ključne riječi: konsocijacija, kukuruz, orah, dušik

## 9. SUMMARY

The research on the influence of the intercropping walnuts with maize on nitrogen in the soil was carried out in a locality near Đakovo. The research was carried out in such a way that soil and plant samples were taken from the control field of corn and from the association of walnuts and corn during different stages of growth. Analysis of the taken samples yielded the results of the basic soil properties: nitrogen content, plant mass and height, leaf surface index, and chlorophyll concentration. The results obtained from the analysis of ammonium and nitrate nitrogen through different stages of corn growth indicate that there is no significant statistical difference between the association and the control group, except in the water phase, when a significantly higher concentration of nitrate nitrogen was observed in the control group, which indicates a possible competition between walnut and corn for water, through which plants take up nitrogen. The results of plant mass and height measurements showed significantly higher values within the association, while the grain yield was higher within the control group, although there was no statistically significant difference.

Key words intercropping, maize, walnut, nitrogen

## 9. POPIS TABLICA

Redni broj:	Sadržaj:	Stranica:
Tablica 1.	Analiza osnovnih svojstava tla	18.
Tablica 2.	Faza prije sjetve	19.
Tablica 3.	Faza 5 - 6 listova	20.
Tablica 4.	Vodena faza	20.
Tablica 5.	Voštana faza	21.
Tablica 6.	Faza žetve	21.
Tablica 7.	Visina biljke	22.
Tablica 8.	Masa biljaka kroz pojedine faze	23.
Tablica 9.	LAI i SPAD	24.
Tablica 10.	Elementarni sastav biljaka	25.
Tablica 11.	Prinos kukuruza	26.



## 11. POPIS SLIKA

Redni broj:	Sadržaj:	Stranica:
Slika 1.	Drvenasti nasadi sa međuusjevima	4.
Slika 2.	Konsocijacija oraha i kukuruza	8.
Slika 3.	Nasad oraha	11.
Slika 4.	Shema uzorkovanja	12.
Slika 5.	Sušenje uzoraka tla	13.
Slika 6.	Destilator	15.
Slika 7.	Titратор	15.

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Diplomski rad

Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Sveučilišni diplomski studij Blinogojstvo, smjer Ishrana bilja i tloznanstvo

## UTJECAJ KONSOCIJACIJE ORAHA I KUKURUZA NA DUŠIK U TLU

Luka Šustić

### Sažetak:

Istraživanje utjecaja konsocijacije oraha u kukuruza na dušik u tlu sprovedeno je na lokalitetu blizu Đakova. Istraživanje se vršilo na način da su uzimani uzorci tla i biljaka sa kontrolnog polja kukuruza i iz konsocijacije oraha i kukuruza tijekom različitih faza rasta. Analizom uzetih uzoraka dobiveni su rezultati sadržaja osnovnih svojstava tla, sadržaja dušika, mase i visine biljke, indeksa lisne površine i koncentracije klorofila. Rezultati dobiveni analizom amonijskog i nitratnog dušika kroz različite faze rasta kukuruza ukazuju kako nema značajne statističke razlike između konsocijacije i kontrolne grupe osim u vodenoj fazi, kad je primjećena značajno veća koncentracija nitratnog dušika u kontrolnoj grupi što ukazuje na moguću kompeticiju oraha i kukuruza za vodom kroz koju biljke uzimaju dušik. Rezultatima mjerenja mase i visine biljaka, indeksa lisne površine te klorofila iskazane su značajno veće vrijednosti unutar konsocijacije, dok je prinos zrna bio veći unutar kontrolne grupe iako nije bilo statistički značajne razlike.

**Rad je izrađen pri:** Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

**Mentor:** doc. dr. sc. Vladimir Ivezić

**Broj stranica:** 36

**Broj grafikona i slika:** 7

**Broj tablica:** 11

**Broj literaturnih navoda:** 27

**Broj priloga:**

**Jezik izvornika:** Hrvatski

**Ključne riječi:** konsocijacija, kukuruz, orah, dušik

### Datum obrane:

#### Stručno povjerenstvo za obranu:

1. doc.dr.sc. Vladimir Zebec, predsjednik
2. izv.prof. Vladimir Ivezić, mentor
3. izv.prof. 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**

**Graduate thesis**

**Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek**

**University Graduate Studies, Plant production, course Plant nutrition and Soil Science**

### **SOIL NITROGEN FLUX IN INTERCROPPED SYSTEMS OF WALNUT AND MAIZE**

**Luka Šustić**

#### **Summary:**

The research on the influence of the association of walnuts with corn on nitrogen in the soil was carried out in a locality near Đakovo. The research was carried out in such a way that soil and plant samples were taken from the control field of corn and from the association of walnuts and corn during different stages of growth. Analysis of the taken samples yielded the results of the basic soil properties: nitrogen content, plant mass and height, leaf surface index, and chlorophyll concentration. The results obtained from the analysis of ammonium and nitrate nitrogen through different stages of corn growth indicate that there is no significant statistical difference between the association and the control group, except in the water phase, when a significantly higher concentration of nitrate nitrogen was observed in the control group, which indicates a possible competition between walnut and corn for water, through which plants take up nitrogen. The results of plant mass and height measurements showed significantly higher values within the association, while the grain yield was higher within the control group, although there was no statistically significant difference.

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

**Mentor:** PhD Vladimir Ivezić

**Number of pages:**36

**Number of figures:** 7

**Number of tables:** 11

**Number of references:**27

**Number of appendices:**

**Original in:** Croatian

**Key words:** intercropping, maize, walnut, nitrogen

**Datum obrane:**

#### **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 StrossmayerUniversity of Osijek, Vladimira Preloga 1

