

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Marko Aragović

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer: Bilinogojstvo

Konzervacijska obrada tla u uzgoju soje (*Glycine max* L. Merr.)

Završni rad

Osijek, 2024.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Marko Aragović

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer: Bilinogojstvo

Konzervacijska obrada tla u uzgoju soje (*Glycine max* L. Merr.)

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu završnog rada:

1. Izv. prof. dr. sc. Bojana Brozović, mentor

2. Prof. dr. sc. Danijel Jug, predsjednik

3. Prof. dr. sc. Irena Jug, član

Osijek, 2024.

Završni rad je napisan u okviru HRZZ projekta: "Procjena konzervacijske obrade tla kao napredne metode uzgoja usjeva i prevencije degradacije tla – ACTIVEsoil" (Broj projekta: IP-2020-02-2647)

Voditelj HRZZ projekta: prof. dr. sc. Danijel Jug

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda, smjer: Bilinogojstvo

Završni rad

Marko Aragović

Konzervacijska obrada tla u uzgoju soje (*Glycine max* L. Merr.)

Sažetak: Sve izraženije nepovoljne vremenske prilike u vegetaciji soje zahtijevaju implementaciju učinkovitih mjera poput konzervacijske obrade tla u svrhu ostvarenja stabilnosti prinosa soje. Pokus s konzervacijskim sustavima obrade tla proveden je u istočnoj Hrvatskoj (Čačinci) s ciljem utvrđivanja utjecaja različitih sustava obrade tla na prinos i žetveni indeks soje. Pokus je proveden kao potpuno slučajni blok raspored u tri ponavljanja s tri tretmana obrade tla: ST – konvencionalna obrada (oranje na dubinu od 30 cm), CTD – duboka konzervacijska obrada (rahljenje na dubinu od 30 cm) i minimalna prekrivenost površine od 30 % i CTS – plitka konzervacijska obrada (rahljenje na dubinu od 10 cm) i minimalna prekrivenost površine od 50%. Najveći prosječni prinos soje (3,36 t ha⁻¹) i žetveni indeks (44,42 %) ostvareni su na CTD tretmanu obrade tla. CTS tretman sustav obrade rezultirao je s najmanjim prosječnim prinosom soje (2,92 t ha⁻¹) i žetvenim indeksom (37,89%). Duboka konzervacijska obrada u tla u ovom istraživanju može se preporučiti kao najpogodniji sustav obrade u uzgoju soje tijekom nepovoljnih vremenskih uvjeta.

Ključne riječi: konzervacijski sustavi obrade tla, *Glycine max* L. Merr., prinos, žetveni indeks

Stranica 27, slika 9, grafikona 3, tablica 3, literaturnih navoda 50

Završni rad je pohranjen: u Knjižnici Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek
Undergraduate university study in Agriculture, course: Herbalism

BSc Thesis

Marko Aragović

Conservation soil tillage in soybean cultivation (*Glycine max* L. Merr.)

Summary: Increasingly unfavorable weather conditions in the soybean vegetation require the implementation of effective measures such as conservation tillage in order to achieve stable soybean yields. An experiment with conservation tillage systems was conducted in eastern Croatia (Čačinci) with the aim of determining the influence of different tillage systems on the yield and harvest index of soybeans. The experiment was carried out as a completely randomized block design in three replications with three tillage treatments: ST - conventional tillage (ploughing to a depth of 30 cm), CTD - deep conservation tillage (loosening to a depth of 30 cm) and minimum surface coverage of 30% and CTS – shallow conservation treatment (loosening to a depth of 10 cm) and minimum surface coverage of 50%. The highest average soybean yield (3.36 t ha⁻¹) and harvest index (44.42 %) were achieved in the CTD tillage treatment. The CTS treatment resulted in the lowest average soybean yield (2.92 t ha⁻¹) and harvest index (37.89%). Deep soil conservation tillage in this research can be recommended as the most suitable tillage system in soybean cultivation during unfavorable weather conditions.

Key words: conservation soil tillage systems, *Glycine max* L. Merr., yield, harvest index

Pages 27, figures 9, graphs 3, tables 3, references 50

BSc Thesis is archived in Library of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek and in digital repository of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. PREGLED LITERATURE	2
2.1. Konzervacijska obrada tla	2
2.1.1 Minimalna obrada tla.....	4
2.1.2 Pokrivenost površine	5
2.1.3 Plodored	6
2.1.4 Prednosti i nedostaci konzervacijske poljoprivrede.....	6
2.1.5 Utjecaj konzervacijske obrade tla na temperaturu tla i isparavanje vode	7
2.2. Soja.....	8
2.2.1 Morfologija soje	10
2.2.2 Gospodarsko značenje soje	11
2.2.3 Proizvodnja soje u Republici Hrvatskoj	11
2.3. Konzervacijska obrada tla u uzgoju soje	12
3. MATERIJALI I METODE RADA	15
4. VREMENSKE PRILIKE U VEGETACIJI SOJE.....	18
5. REZULTATI I RASPRAVA	19
6. ZAKLJUČAK	21
7. POPIS LITERATURE	22

1. UVOD

U današnje vrijeme kada je poljoprivreda jedan od najugroženijih sektora pogođenog klimatskim promjenama, konzervacijska poljoprivreda smatra se jednom od najučinkovitijih načina za ublažavanja i prilagodbu poljoprivredne proizvodnje prisutnim klimatskim promjenama i negativnim posljedicama koje one donose (Jug i sur., 2018., Aune, 2012.). Podrazumijeva odgovarajući plodored, minimalnu obradu tla i trajnu prekrivenost tla žetvenim ostacima (najmanje 30 %) (FAO, 2016.). Konzervacijska obrada tla, kao temeljna sastavnica konzervacijske poljoprivrede pozitivno utječe na zaustavljanje degradacijskih procesa u tlu zajedno s očuvanjem plodnosti i zdravlja tla što proizlazi iz pozitivnog utjecaja na kvalitetu tla, vode, konzervacije hraniva, stabilnosti prinosa, povećanja bioraznolikosti uz istodobno smanjenje troškova proizvodnje (Palm i sur., 2013., Derpsch, 2005.). Tradicionalna, konvencionalna obrada tla zahtijeva mnogo vremena, ljudskog i strojnog, te dovodi do brojnih negativnih posljedica na produktivnost i održivost poljoprivredne proizvodnje. Negativne posljedice konvencionalne orade tla i primjene pluga na degradacijske procese u tlu i smanjenje produktivnosti i održivosti poljoprivredne proizvodnje dobro su poznate, posebno u uvjetima klimatskih promjena te je interes i uvođenje konzervacijske obrade tla na sve više poljoprivrednih površina u Republici Hrvatskoj posljednjih godina sve veći. Značaj soje kao leguminozne poljoprivredne kulture proizlazi iz njene različite upotrebe i pozitivnog utjecaja s agronomskog aspekta (Sudarić i Vratarić, 2008.). Posljednjih godina nepovoljne vremenske prilike sve više su prisutne tijekom vegetacije soje što zahtijeva uvođenje učinkovitih i održivih mjera poput konzervacijske obrade tla kako bi se održala produktivnost i stabilnost prinosa soje (Moraru i Rusu, 2012.).

Cilj ovog rada je predstaviti utjecaj konzervacijske obrade tla na prinose i žetvene indekse soje, njezine prednosti te nedostatke u samoj proizvodnji.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Konzervacijska obrada tla

Konzervacijska poljoprivreda svoje početke veže uz Sjedinjene Američke Države. Glavni način obrade tla u gotovo cijeloj povijesti čovječanstva je bilo oranje. Industrijskom revolucijom ljudima su postali dostupni razni novi strojevi i uređaji za obradu tla. Glavni razlog razvoja konzervacijske poljoprivrede je prirodna katastrofa koja je zadesila američko i kanadsko područje u 30.-im godinama 19. stoljeća, tzv. „prljave tridesete“. Ova katastrofa navela je ljude na promišljanje te pronalaženje novih načina obrade tla. Katastrofa je dobila ime po nekoliko pješanih oluja koje su zadesile ovo područje u vremenima suše. Ove nepogode znatno su degradirale dotad vrlo plodno tlo te je ovo stanje potrajalo cijelo desetljeće. Bilo je vrlo izvjesno kako je do ovoga došlo ljudskim djelovanjem. Od tada su ljudi počeli koristiti konzervacijski tip obrade. Konzervacijska obrada tla je evoluirala iz poljoprivredne tradicije koja nastoji smanjiti broj prohoda po poljoprivrednoj površini do uzgoja kultura uz izostanak primarne i sekundarne obrade tla (Uri, 1999.).

Navedeni sustav obrade tla usvojen je s različitim ali i promjenjivim intenzitetom u različitim Europskim zemljama, dijelom kao rezultat nepristranih mogućnosti za prihvaćanje novih znanstvenih saznanja i tehnoloških inovativnih rješenja, dijelom kao posljedica ekološke i ekonomske opravdanosti primjene ovog sustava, a dijelom kao rezultat drugačijih strategija u području obrade tla. Može se reći da ovaj sustav obrade tla prodire u europsku poljoprivredu djelomično kao sustav minimalne obrade, dijelom kao *zero tillage*, a dijelom kao reducirana obrada, što treba uzeti sa oprezom, jer je u tom pogledu ponekad bilo nesuglasica. Pri tome, konvencionalna obrada tla, često teži prema dubokoj obradi te je ona svojstvo poljoprivrede južne i jugoistočne Europe, ponekad opravdano, a ponekad kao tradicija (Butorac i sur. 2006.).

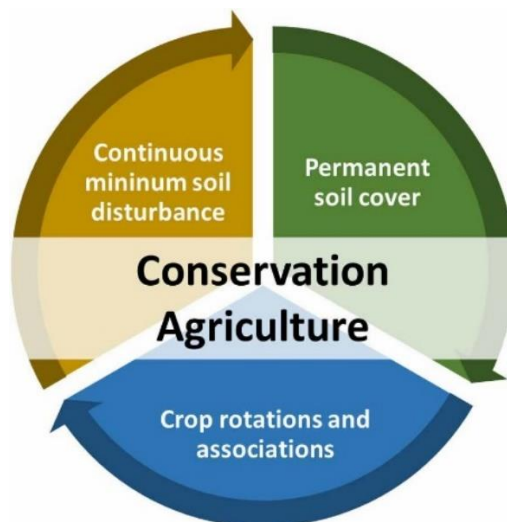
Istraživanje Busari i sur., (2015.) o utjecaju konzervacijske obrade na svojstva tla, produktivnost usjeva i djelovanja na okoliš ukazuje na sve veću važnost konzervacijske obrade tla u osiguravanju sigurnosti proizvodnje hrane s minimalnim utjecajem na tlo i okoliš u trenutnoj situaciji u kojoj se poljoprivredna proizvodnja nalazi. Tablica 1. prikazuje poljoprivredne površine pod konzervacijskom poljoprivredom na globalnoj razini u 2012. godini.

Tablica 1. Udio konzervacijske poljoprivrede (CA) u cjelokupnoj svjetskoj poljoprivrednoj proizvodnji (Izvor: <https://www.researchgate.net/figure/Area-under-Conservation-Agriculture-by-continent-adapted-from-Friedrich-e-tal-2012>)

Područje	Površina (ha)	% (CA) u ukupnim poljoprivrednim površinama	% (CA) u obradivim poljoprivrednim površinama
Južna Amerika	55 464,100	45	57,3
Sjeverna Amerika	39 981,000	32	15,4
Australija i Novi Zeland	17 162,000	14	69,0
Azija	4 723,000	4	0,9
Rusija i Ukrajina	5 100,000	3	3,3
Europa	1 351,900	1	0,5
Afrika	1 012,840	1	0,3
Ukupno	124 794,840	100	8,8

Konzervacijska poljoprivreda predstavlja koncept poljoprivredne proizvodnje uz očuvanje resursa s ciljem ostvarivanja prihvatljive dobiti uz istodobnu visoku i održivu razinu proizvodnje i očuvanje okoliša (Jug i sur., 2022.).

Konzervacijska se poljoprivreda je zasnovana na jačanju prirodnih bioloških procesa nad i ispod površine tla. Zahvati poput mehaničke obrade tla svedene su na minimum, a korištenje vanjskih ulaznih troškova, kao primjerice agrokemikalija i hranjiva mineralnog i organskog podrijetla primjenjuju se u adekvatnim razinama na način i u količini koja ne utječe na biološke procese u tlu (FAO, 2016.). Konzervacijska poljoprivreda temelji se na 3 temeljna postulata: minimalnoj obradi tla, trajnoj pokrivenosti površine od minimalno 30% te rotaciji usjeva odnosno plodoredu (Slika 1.).



Slika 1. Glavne sastavnice konzervacijske poljoprivrede (Izvor: https://www.researchgate.net/figure/Basic-principles-of-Conservation-Agriculture_fig1_338747348)

2.1.1 Minimalna obrada tla

Konvencionalnom obradom tla koja se zasniva na izrazito često i intenzivnoj obradi dolazi do narušavanja strukture tla, velikog zbijanja tla u obliku „tabana pluga“ i „tabana tanjurače“ te ostavljanja gole površine samog tla u zimskim mjesecima čime se potiče njegova vodena i eolska erozija (Jug i sur., 2022.). S druge strane, neka istraživanja su pokazala da se reduciranom obradom pozitivno utječe na smanjenje zbijanja samog tla te na njegovu degradaciju uz smanjenu mogućnost erozije. Prema Jug i sur. (2022.) konzervacijska obrada podrazumijeva minimalno narušavanje tla obradom uz ostavljanje minimalno 30% biljnih ostataka na površini tla primjenom reducirane obrade ili potpunim izostavljanjem obrade (no till) (Slika 2.).



Slika 2. No till sustav obrade (Izvor: https://rainman-toolbox.eu/upcp_product/no-or-low-tillage-incl-mulching-and-direct-seeding-and-strip-till-2/)

U sustav konzervacijskog načina obrade ubrajamo:

- izostavljanje obrade (No-till)
- obrada tla u grebenove (Ridge till)
- obrada u trake (Strip till)
- obrada u malč (Mulch till)
- reducirana obrada (Reduced tillage)

Minimalna obrada tla može se primijeniti na plodnim tlima bez rizika od pada prinosa no uz intenzivno korištenje pesticida te mineralnih gnojiva.

2.1.2 Pokrivenost površine

Većinom se za pokrivanje površine koriste pokrovni usjevi i žetveni ostatci. Pokrovni usjevi nisu novost u obradi tla, ali do njihove intenzivnije primjene dolazi nakon Drugog svjetskog rata kada dolazi do Zelene revolucije te do pojačanog korištenja mineralnog gnojiva i kemijskih sredstava za zaštitu bilja. Pokrovni usjevi (Slika 3.) predstavljaju jako važan dio konzervacijske poljoprivrede jer objedinjuju sve ono što konzervacijska poljoprivreda predstavlja.



Slika 3. Pokrovni usjev (Izvor: Aragović, M., 2023.)

Jedna su od neizostavnih mjera konzervacijske poljoprivrede koja je sve zastupljenija u poljoprivrednoj proizvodnji (Jacobs i sur., 2022, Wulanningtyas i sur., 2021). Pokrovni usjevi uzgajaju se kako bi očuvali ili u većini slučajeva povećali plodnost i produktivnost tla te pristupačnost hraniva za sljedeći usjev. Uzgoj pokrovnih usjeva u temeljima je konzervacijske poljoprivrede s primarnom ulogom zaštite tla od erozije vodom i vjetrom te ostalih negativnih abiotskih faktora. Zaštitna uloga pokrovnih usjeva najviše je izražena u razdobljima kada na tlu nema glavnog usjeva, a žetveni ostatci ponekad nedovoljno štite tlo od negativnih vremenskih utjecaja (Quintarelli i sur., 2022). Za pokrovne usjeve se najčešće koriste leguminozne biljke koje dodatno obogaćuju tlo dušikom. Prema nekim literaturnim podacima navodi se kako mogu fiksirati od 30 pa sve do 200 kg N ha⁻¹ (Sullivan, 2003.).

2.1.3 Plodored

Plodored je jedna od najvažnijih agrotehničkih mjera u poljoprivrednoj proizvodnji i smatra se temeljem biljne proizvodnje. Plodored predstavlja pravovremenu i prostornu izmjenu usjeva na jednoj poljoprivrednoj površini te održava ravnotežu u korištenju prirodnih resursa s ciljem postizanja visokih i kvalitetnih prinosa uz istodobno povećanje plodnosti tla i očuvanje bioraznolikosti (Jug i sur, 2022.). Plodored ima jednu od najvažnijih ulogu u određivanju uspješnosti biljne proizvodnje, posebice u konzervacijskoj poljoprivredi.

2.1.4 Prednosti i nedostatci konzervacijske poljoprivrede

Prema Jugu i sur. (2022.) prednosti konzervacijske obrade tla, u usporedbi s konvencionalnim sustavima, mogu se grubo podijeliti na sljedeći način:

- *Kratkoročne prednosti:*
 - povećana infiltracija vode i poboljšana struktura tla zbog biljnih ostataka na površini
 - smanjeno površinsko otjecanje vode i erozija tla (zadržavanje vode biljnim ostacima)
 - smanjena evaporacija i povećana zaštita površine tla od sunčane radijacije
 - smanjena frekvencija i intenzitet stresa zbog nedostatka ili suviška vlage u tlu (povećana infiltracija i smanjena evaporacija)
 - smanjena potreba za mehanizacijom i ljudskim radom pri obradi tla
 - niži troškovi (cijena) goriva i ljudskog rada

- *Dugoročne prednosti*
 - povećan sadržaj organske tvari tla rezultira boljom strukturom tla, većim KIK-om (kationski izmjenjivački kapacitet), boljom pristupačnošću hraniva i većim kapacitetom tla za vodu

- povećanje i stabilnost visine prinosa
- smanjenje troškova proizvodnje
- povećanje biološke aktivnosti u tlu i okolišu (bolja biološka kontrola štetnih organizama)
- smanjena zakorovljenost

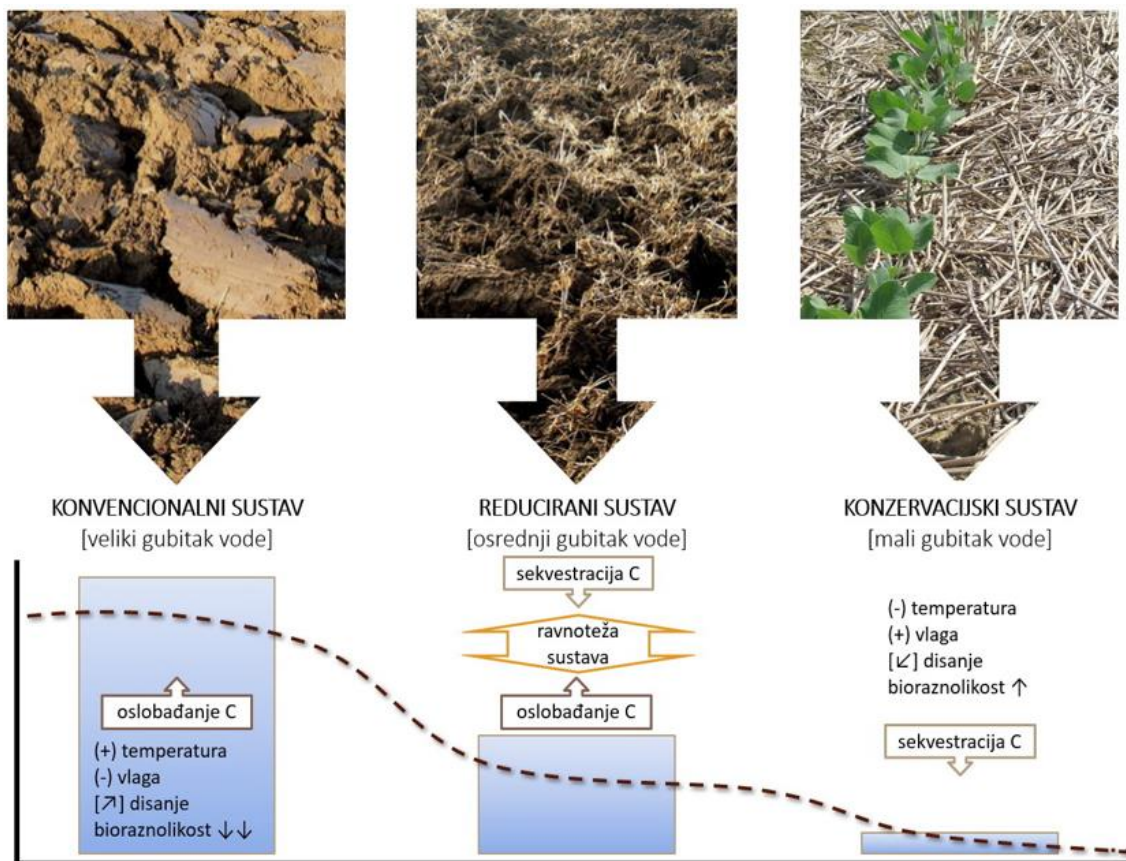
Osim pozitivnih svojstava konzervacijska poljoprivreda ima i svoje nedostatke. Većina ovih nedostataka proizlazi zbog nedovoljnog znanja, odnosno odbijanja promjena u već dugotrajnim tradicionalnim načinima obrade tla. Prema Jug i sur., (2022.) kao neki od navedenih nedostataka se navode:

- neodgovarajuća mehanizacija, prvenstveno sijačice
- jače zbijanje tla
- otežana manipulacija većom količinom biljnih ostataka na površini tla
- slabija penetracija korijena
- problemi pri aplikaciji mineralnih i organskih gnojiva na veću dubinu, a posebice na sustavu direktne sjetve

2.1.5 Utjecaj konzervacijske obrade tla na temperaturu tla i isparavanje vode

Pokrovni usjevi zadržavaju veće količine vode te se proizvodne površine pod pokrovnim usjevima duže zagrijavaju u proljeće. Kako bi se ubrzalo zagrijavanje tla može se ići u zahvate otvaranja površine tla, ali time bi se gubila smisao konzervacijske obrade tla (Jug i sur., 2015.). Pokrovni usjevi u daljnjim fazama vegetacije te u sušnim i toplijim dijelovima godine omogućuju manje dnevne temperaturne oscilacije uslijed sporijeg zagrijavanja te hlađenja tla. Temperaturna varijacija u tlu zbog zadržavanja ostataka na površini je veća u gornjim slojevima tla, smanjujući se prema dubini (Indoria i sur., 2017.). Žetveni ostaci (malč) te pokrovni usjevi smanjuju količinu isparavanja vode (svojstvo konzervacije), a neusporedivo je veći i brži gubitak vode na golom tlu koje ostaje nakon obrade tla oranjem (Slika 4.).

Niže temperature tla usporavaju razgradnju ostataka kako u tlu tako i na površini. Također, ostaci na površini utječu na temperaturu tla pri nicanju sjemena. U sušnijim klimama niže temperature tla pozitivno utječu na rast biljaka te na sam prinos, dok u vlažnijim klimama mogu predstavljati nedostatak zbog nedovoljno brzog klijanja, zaostatka u rastu te negativan utjecaj na krajnji prinos.

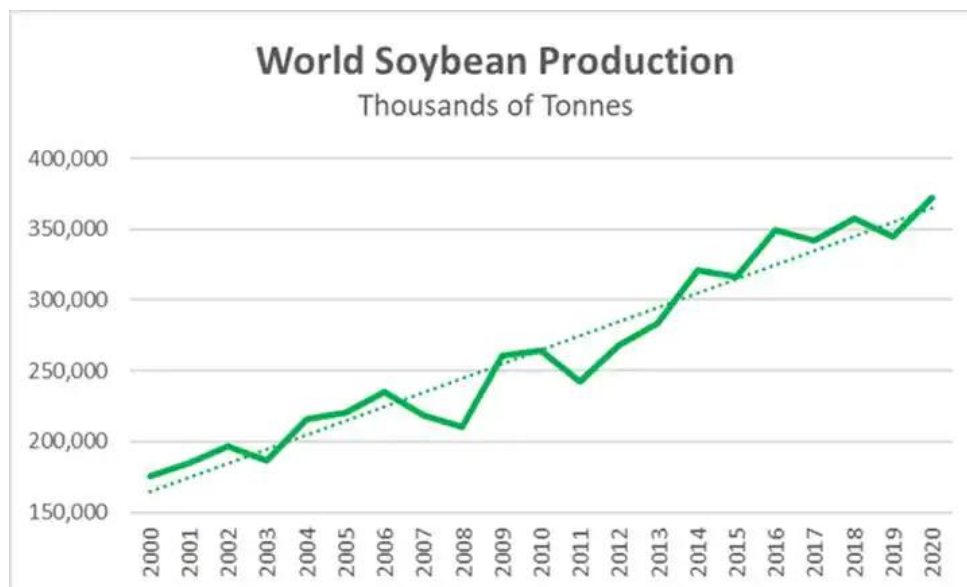


Slika 4. Shematizirani prikaz gubitka vlage na različitim sustavima obrade tla, utjecaj sustava obrade tla na temperaturu tla, disanje, bioraznolikost i dinamiku ugljika u tlu (Izvor: Jug, D. <https://www.opb.com.hr/>)

2.2. Soja

Soja (*Glycine max* (L.) Merril) je biljka mahunarka koja se u svijetu uzgaja već više od četiri tisuće godina. Potječe iz Azije odakle je proširena i na druge kontinente te se sada sije u više od 60 zemalja svijeta. U svjetskoj proizvodnji zauzima površinu od oko 92 milijuna hektara (Slika 5.). Globalno je najvažnija proteinska kultura, a površine pod sojom u Europi u konstantnom su porastu (Adamič i Leskovšek, 2021.).

Proizvodnja soja u kontinuiranom je, gotovo linearnom porastu što prikazuje Slika 5. U razdoblju od 2000. do 2003. godine proizvodnja se kretala ispod 200,000 t na svjetskoj razini dok je prema zadnjem podatku iz 2020. godine količina proizvedene soje porasla na oko 350,000 t na globalnoj skali (Slika 5.).



Slika 5. Svjetska proizvodnja soje unazad 20 godina (Izvor: <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/ci/research-analysis/blog-world-soybean-production-projected-rebound.html>)

Soja (Slika 6.) se prema globalnim procjenama danas smatra glavnom hranom svijetu. Iste procjene ukazuju na činjenicu da može zadovoljiti 30% ljudskih potreba za bjelančevinama što je znatno više od bilo koje druge ratarske kulture.



Slika 6. Soja (Izvor: Brozović, B., 2022.)

Soja je jedna od važnijih svjetskih bjelančevinastih i uljnih kultura. Zrno se može koristiti za izvor jestivih ulja i proteina te za ishranu stoke i ishranu ljudi. Samo zrno soje sadrži 40-50% bjelančevina te predstavlja kompletni protein jer sadrži svih devet esencijalnih aminokiselina te 18-24% ulja. Sadržaj proteina ovisi o sorti te o proizvodnim uvjetima uzgoja. Prerada sojinog

zrna započela je tek u 20. stoljeću te time postaje trgovačka roba. Različita upotreba i pozitivan utjecaj soje s agronomskog gledišta čine soju vrlo značajnom kulturom u današnje vrijeme (Sudarić i Vratarić, 2008.). Svijet neprestano nastoji poboljšati način i metode prerade u industriji stočne hrane kao i u prehrambenoj, kemijskoj, farmaceutskoj i drugim industrijama. U posljednjih nekoliko desetljeća, soja je postala sve popularnija kao hrana i izvor proteina za vegetarijance i vegane, ali i za ljude koji jednostavno žele zdraviji način prehrane. Soja se može konzumirati u različitim oblicima, uključujući tofu, sojino mlijeko, tempeh, sojine listiće i sojino brašno. Tofu (sir od soje) je najpoznatiji oblik soje i često se koristi kao zamjena za meso u vegetarijanskim i veganskim jelima.

2.2.1 Morfologija soje

Soja je građena od korijena, stabljike, listova, cvjetova, plodova (mahuna) te sjemena koje se nalazi unutar mahune (Sudarić i Vratarić, 2008.). Korijen soje je vretenast, uglavnom dobro razvijen (prodire u tlo do čak 1,5 m) te se na njemu mogu formirati kvržice u kojima se nalaze bakterije *Bradyrhizobium japonicum* koje fiksiraju atmosferski dušik (Ianneta i sur., 2016.). Na fiksaciju utječu razni čimbenici poput: dostupnosti zraka, vlage, reakcije tla (pH), temperature te gnojide, posebice dušikom. Kako bi fiksacija bila uspješna mora biti pristupačna dovoljna količina kisika i vlage te njihov odnos mora biti povoljan. Stabljika je u početku zeljasta te kasnije odrveni, prekrivena je dlačicama, visine od 30 cm do 130 cm (Sudarić i Vratarić, 2008.). Soja je najpoznatija po svojim listovima, odnosno troliskama. Plojke listića su srolikog oblika, prekriveni dlačicama. Cvjetovi soje su građeni kao i kod ostalih leguminoza. Cvijet je sastavljen od čaške, vjenčića, prašnika i tučka. Čaška je cjevasta i završena s pet nejednakih lapova, od kojih je prednji najviši (Sudarić i Vratarić, 2008.). Biljka soje stvara puno više cvjetova nego što se može razviti u mahune te je opadanje (abortacija) cvjetova na soji česta i uobičajena pojava, izraženija u nepovoljnim agroekološkim uvjetima. Abortivnost cvjetova se događa pri izuzetnom visokim temperaturama zraka te pri temperaturama ispod 10°C (Gagro, 1997.).

Plod soje je mahuna prekrivena dlačicama, srpastog, okruglog ili spljoštenog oblika te se razlikuje po veličini i na istoj biljci. Može sadržavati od 1 do 5 sjemenki, a najčešće 3 (Sudarić i Vratarić, 2008.). Sjeme soje je različitog oblika, boje te veličine, a masa 1000 zrna može varirati od 100 do 200 grama.

Soja je biljka značajnih potreba za vodom koja predstavlja limitirajući faktor u proizvodnji (Sudarić i Vratarić, 2008.). Prema Mađaru i Josipoviću, (1991.), prosječna količina oborina u istočnim dijelovima Hrvatske iznosi 600 do 700 mm što je ispod potrebe soje za vodom za

ostvarivanje visokih prinosa. Većina vode biljci soje je potrebna u fazama cvatnje, oplodnje, formiranja mahuna te nalijevanja zrna. Ove vegetacijske faze kod soje se direktno poklapaju sa najtoplijim i najsušnijim dijelom godine.

2.2.2 *Gospodarsko značenje soje*

Soja predstavlja značajan izvor bjelančevina i ulja u prehrani ljudi i proizvodnji hrane te je jedna od najzastupljenijih leguminoza (Foyer i sur., 2016.). Vodeći svjetski proizvođači su Sjedinjene Američke Države (32%), Brazil (28%), Argentina (21%), Kina (7%) i Indija (4%) (Shahbandeh, 2020., Elhady i sur., 2020.). Europska proizvodnja soje povećala se dvostruko u zadnjem desetljeću iako čini tek 7% ukupnih potreba u Europi (Berthean i sur., 2011., Gaweda i sur., 2020.). Zbog pozitivnog utjecaja na povećanje plodnosti tla poželjna je sastavnica plodoreda, a njen značaj kao leguminozne biljke gotovo je nezamjenjiv. Soja na svojem korijenu sadrži kvržične bakterije *Bradyrhizobium japonicum* koje fiksiraju atmosferski dušik te ga pretvaraju u biljci dostupan oblik. Neka istraživanja pokazuju kako kvržične bakterije mogu fiksirati čak do 200 kg N ha⁻¹. Soja ima visoke zahtjeve za dušikom, a prema procjeni Hungria i sur., (2007.), 80 kg N potrebno je za proizvodnju 1 t zrna soje. Biološkom fiksacijom omogući se 50 do 75% potrebne količine dušika kojom se atmosferski dušik prevodi u amonijačni oblik (Ferguson, 2013.). Gospodarska važnost soje je neupitna te ona obuhvaća širok spektar industrija. Neke od najvažnijih su:

- poljoprivredna proizvodnja - najveći dio proizvedene soje koristi se u stočarstvu za ishranu stoke
- prehrambena industrija – važan je izvor proteina i ulja te se od nje proizvode razni proizvodi poput sojina mlijeka, tofu-a, sira i dr.
- tekstilna industrija – zamjena za pamuk
- kozmetička industrija – sapuni, deterdženti, boje, lakovi
- automobilska industrija – proizvodnja biodizela

2.2.3 *Proizvodnja soje u Republici Hrvatskoj*

Soja se prvi put pojavila na hrvatskim poljima između 1876. i 1878. godine. Tada je svoje pokuse provodio austrijski biokemičar Friedrich Haberlandt (Vratarić i Sudarić, 2000.). Tijekom Drugog svjetskog rata proizvodnja soje u Hrvatskoj je povećana na 12 do 17 tisuća hektara te su postizani urodi od 1400-1600 kg ha⁻¹. Od tada je bilo još nekoliko pokušaja uzgoja soje. Od 1987. godine se njezina proizvodnja počinje stabilizirati na hrvatskim poljima. Tada je bilo zasijano oko 20 000 ha. Zadnjih nekoliko godina površine zasijane sojom se kontinuirano povećavaju (Tablica 2.).

Tablica 2. Zasijane površine pod sojom u Republici Hrvatskoj od 2010. do 2019. godine
(Izvor: Državni zavod za statistiku, <https://web.dzs.hr/PXWeb/Table.aspx?layout=>)

2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.
Zasijane površine (ha)									
56.456	58.896	54.109	47.156	47.104	88.867	78.614	85.133	77.087	78.334

Prema podacima u Tablici 2. vidljiv je porast proizvodnje soje u Republici Hrvatskoj. Prosječan prinos u prikazanom razdoblju je bio 2,62 t ha⁻¹ (Tablica 2.). Prema najnovijim podacima Državnog zavoda za statistiku u 2023. godini u Republici Hrvatskoj bilo je zasijano 71 000 ha te je prosječan prinos bio 2,8 t ha⁻¹ čime se uočava blagi pad površina zasijanih ovom kulturom uz istovremeni blagi rast prinosa.

2.3. Konzervacijska obrada tla u uzgoju soje

Konzervacijska poljoprivreda još uvijek nije široko implementirana u Europi u usporedbi s ostatkom svijeta, a glavnina proizvodnje soje odvija u konvencionalnom sustavu obrade tla. Podatci o kretanju prinosa soje pod utjecajem različitih sustava obrade tla prema dosadašnjim istraživanjima variraju od bolje ostvarenih prinosa u no-till sustavu obrade (Fecák i sur., 2010.) do ujednačenih prinosa u konvencionalnom, konzervacijskom i no-till sustavu obrade (Fecák i sur., 2010., Temperly, 2006.). Način obrade tla i dubina značajno utječu na nodulaciju soje (Kombiok i sur., 2013.), a prema istraživanjima Kemal i sur., (2011.) no till sustav obrade doveo je do porasta nodulacije, dok suprotno navode Kihara i sur., (2011.) u čijem istraživanju je veća nodulacija ostvarena konvencionalnom obradom tla.

Nepovoljne vremenske prilike u posljednjim godinama sve su više izražene te prisutne u vegetacijskom periodu soje što zahtijeva uvođenje novih, učinkovitih mjera poput konzervacijske obrade tla kako bi se produktivnost i stabilnost prinosa soje održala na zadovoljavajućoj razini (Moraru i Rusu, 2012.).

Uvođenje i primjena konzervacijske obrade preporuča se zbog pozitivnog utjecaja na konzervaciju tla, vode i organske tvari, a značajna je za održivost poljoprivredne proizvodnje (Busari i sur., 2015.). Sve veći interes za uvođenjem konzervacijske obrade tla proizlazi i iz značajnog doprinosa konzervacijske obrade u sekvencijama ugljika čime doprinosi ublažavanju klimatskih promjena (Manley i sur., 2005.).

Poljoprivredna proizvodnja u Republici Hrvatskoj je intenzivirana, visokoproduktivna te prati suvremene trendove. Ovu razinu proizvodnje ponajviše treba zahvaliti izrazito povoljnim agroekološkim te klimatskim uvjetima. Hrvatska tlo još uvijek nije zagađeno prekomjernom uporabom agrokemikalija te je moguće ostvarivati visoke i stabilne prinose. Hrvatski poljoprivredni proizvođači sve se više okreću novim trendovima u poljoprivrednoj proizvodnji, struka također prati prisutne trendove te radi pokuse na istima.

Prema Košutić i sur. (2006.) koji su radili pokuse u usporedbi različitih sustava obrade tla u proizvodnji soje ustanovljeno je kako obrada tla ne utječe na prinos soje. Primijenjeni su sljedeći sustavi obrade tla: konvencionalni, konzervacijski i izostavljena obrada (no-till). Prve godine istraživanja najveći prinos soje je zabilježen primjenom no-till sustava obrade tla te je ostvaren prinos od 3.07 t ha^{-1} , dok je kod drugih načina obrade zabilježen neznatno manji prinos. Reducirani sustav obrade kod ovog pokusa doveo je do uštede energije 31,8 % u usporedbi s konvencionalnim načinom obrade.

Istraživanja su provedena i na poljoprivrednim površinama PIK-a "Belje", Pogon "Kneževo", s tri varijante obrade tla u 2002. i 2003. vegetacijskoj godini. Korištenjem tri različita načina obrade (konvencionalna, višekratno tanjuranje, no-tillage) zaključeno je kako su u prvoj godini pokusa konvencionalna obrada te višekratno tanjuranje ostvarili veće prinose zbog niskog sklopa u no-tillage sustavu. Druge godine sva tri načina obrade ostvarili su podjednake prinose (Jug i sur., 2005.).

Šakić Bobić i sur., (2024.) istraživali su ekonomsku opravdanost primjene konzervacijskih sustava obrade tla u proizvodnji soje. Analizom troškova i pozitivnih efekata konzervacijske obrade tla utvrdili su ovisnost ekonomske opravdanosti primjene konzervacijske obrade tla o mogućnosti ostvarivanja iznadprosječnih prinosa soje u našem agroekološkom području.

No-till uzgoj soje moguć je na velikim površinama koje su podložne eroziji. Ovaj način obrade zabrinjava proizvođače zbog potencijalnog mogućeg smanjenja prinosa, pogotovo na ravnim, slabo dreniranim površinama. No-till sustav obrade tla u Minnesoti (1995.-2000.) je bio u trendu opadanja. Ustanovljeno je kako dugotrajna no-till obrada rezultira opadanjem prinosa. Proizvođači se okreću kratkotrajnoj no-till obradi ili rotacijskoj obradi tla koje se uglavnom koriste radi uštede vremena, goriva te rada (Vetch i sur., 2007.).

U Tennesseeju, Valley regija Sjeverne Alabame, prelazak iz konvencionalne u konzervacijsku obradu tla rezultiralo je povećanom zbijenosti i smanjenjem prinosa te su oni ublaženi

vertikalnom obradom tla. Primarni faktor smanjenog usvajanja konzervacijske obrade na srednje do teškim tlima je smanjen prinos. Vjeruje se kako je do smanjenja prinosa došlo zbog stvaranja zbijenog sloja tla (Raper i sur. 2000.).

Konzervacijska obrada tla široko se primjenjuje u Sjedinjenim Američkim Državama zbog pozitivnog utjecaja na agroekosustav u cjelini, konzervaciju tla i vode. Bowen i sur., (2021.) u provedenom istraživanju koje je obuhvatilo široko područje kukuruznog pojasa u SAD - u u razdoblju od 2005. do 2018. godine navode izostanak značajnog utjecaja konzervacijske obrade na prinos soje, ali istodobno ističu neposredan utjecaj konzervacijske obrade tla na ublažavanje štetnog utjecaja suše na prinos soje. Intenzivnije uvođenje i primjenu konzervacijske obrade navode kao rješenje za održavanje stabilnosti prinosa soje u sušnim uvjetima.

Primjena reduciranih sustava obrade postat će sve više raširena jačim utjecajem klimatskih promjena. Ovim načinima obrade moguće je smanjiti eroziju tla, povećati biogenost tla, smanjiti onečišćenje podzemnih voda. Također je moguća lakša kontrola korova čime se smanjuje uporaba kemijskih sredstava, a time i smanjenje troškova. Obrada je ekonomski i vremenski isplativija čime se također smanjuju troškovi proizvodnje.

3. MATERIJALI I METODE RADA

Poljski pokus s tri različita sustava obrade tla u tri ponavljanja postavljen je 2020. godine u sklopu projekta Hrvatske zaklade za znanost („Procjena konzervacijske obrade tla kao napredne metode uzgoja usjeva i prevencije degradacije tla“). Istraživanje je provedeno u Čačincima (17° 86' 36" E, 45° 61' 32" N, 111 m a. s. l) u Istočnoj Hrvatskoj na pseudogleju (Tablica 3.). Područje karakterizira umjeren klima s prosječnom količinom oborina koja se povećava prema smjeru zapada (688–729 mm), s prosječnim temperaturama zraka koje se kreću od 10,7 do 11,1 °C (Bašić i sur., 2007.).

Tablica 3. Osnovna kemijska svojstva tla na eksperimentalnoj površini (Čačinci)

Tip tla	Pseudoglej
pH _{KCl/H₂O}	4,09/5,65
Hy (cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹)	7,90
ALP ₂ O ₅ (mg 100 g ⁻¹)	10,37
ALK ₂ O (mg 100 g ⁻¹)	15,63
OT (%)	2,8

pH_{KCl/H₂O} – pH reakcija tla u KCl-u i vodi, Hy – hidrolitička kiselost, ALP₂O₅/ALK₂O - sadržaj lakopristupačnog fosfora i kalija, OT - organska tvar

U završnom radu prikazani su rezultati druge godine istraživanja (2022.) gdje je proučavan utjecaj različitih tretmana obrade tla na prinos i žetveni indeks soje koja je uzgajana u plodoređu iza kukuruza (Slika 7).



Slika 7. Usjev soje na eksperimentalnoj površini u Čačincima (Izvor: Brozović, B., 2022.)

Veličina osnovne eksperimentalne parcele iznosila je 80 m², a tretmani obrade tla bili su slijedeći:

- 1) Konvencionalna obrada tla (ST) koja uključuje oranje na dubinu 30 cm
- 2) duboka konzervacijska obrada tla (CTD) koja uključuje rahljenje do 30 cm dubine s minimalno 30 % pokrivenosti površine tla žetvenim ostacima
- 3) plitka konzervacijska obrada tla (CTS) koja uključuje rahljenje na 10 cm dubine s minimalno 50 % pokrivenosti površine tla žetvenim ostacima (Slika 8).



Slika 8. Pokrivenost površine tla žetvenim ostacima kukuruza (Izvor: Jug, D., 2022.)

Obrada tla, oranje i rahljenje, provedena je u jesen 2021. godine nakon žetve kukuruza. Zimska brazda na konvencionalnom tretmanu obrade tla zatvorena je u proljeće 2022. godine s dva prohoda klinaste drljače u kombinaciji sa šupljim valjkom. Predsjetvena priprema tla provedena je jednim prohom klinaste drljače u kombinaciji sa šupljim valjkom. Osnovna gnojidba obavljena je u jesen netom prije osnovne obrade tla u preporučenim dozama prema gnojibenoj preporuci koja se temeljila na rezultatima osnovnih kemijskih analiza tla (Tablica 3). Primijenjeno je kompleksno NPK gnojivo (0:20:30) u količini od 530 kg ha⁻¹. U proljeće, istodobno s predsjetvenom pripremom tla primijenjen je KAN (27 % N) u preporučenoj količini od 150 kg ha⁻¹. Sjetva soje obavljena je no-till sijačicom 12. travnja sa sjetvenom normom od

600 000 sjemenki ha⁻¹. Korištena je sorta IKA (Poljoprivredni institut Osijek), a prije same sjetve obavljena je bakterizacija sjemena preparatom Nitrobakterin^S (Slika 9.).



Slika 9. Bakterizirano sjeme soje (Izvor: Brozović, B., 2022.)

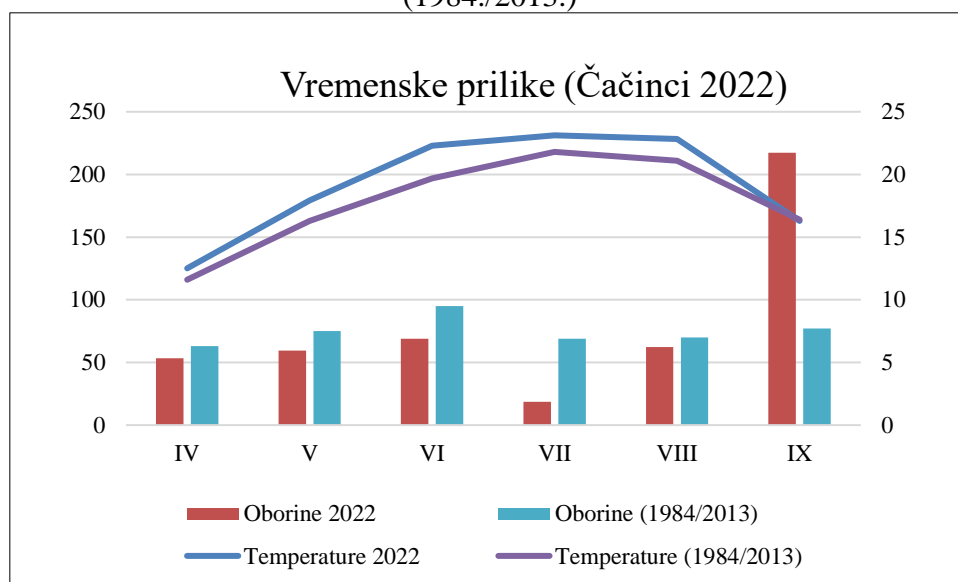
Tijekom istraživanja provedena su dva herbicidna tretmana. Prije nicanja primijenjeni su 960 g l⁻¹ S-Metolaklor (1,2 l ha⁻¹) i Metribuzin 70 % (0,6 kg ha⁻¹), a tijekom vegetacije 22,4 g l⁻¹ Imazamox i 480 g l⁻¹ Bentazon (1 l ha⁻¹). Žetva soje izvedena je ručno na svim istraživanim eksperimentalnim parcelicama, a prinos je preračunat na standardnu vlagu (9%). Prinos je izražen na t ha⁻¹, a žetveni indeks izračunat prema formuli:

$$\mathring{I} = \frac{\text{poljoprivredni prinos} \times 100}{\text{biološki prinos}}$$

4. VREMENSKE PRILIKE U VEGETACIJI SOJE

Tijekom istraživanja nedostatak oborina bio je prisutan u razdoblju od travnja do kolovoza (Grafikon 1). U usporedbi s višegodišnjim prosjekom, količina zabilježenih oborina na pokusnoj površini (meteorološka postaja na lokaciji istraživanja) bila je manja, a sušni uvjeti bili su osobito izraženi u srpnju kada je zabilježeno tek 18,6 mm kiše što je gotovo 4 puta manje u odnosu na višegodišnji prosjek (1984./2013.). Nedostatak oborina je popraćen s iznadprosječnim temperaturama zraka u usporedbi s višegodišnjim prosjekom (Grafikon 1). Sušni period prekinut je u rujnu kada je palo preko 217 mm kiše, gotovo tri puta više u odnosu na višegodišnji prosjek (1984./2013.).

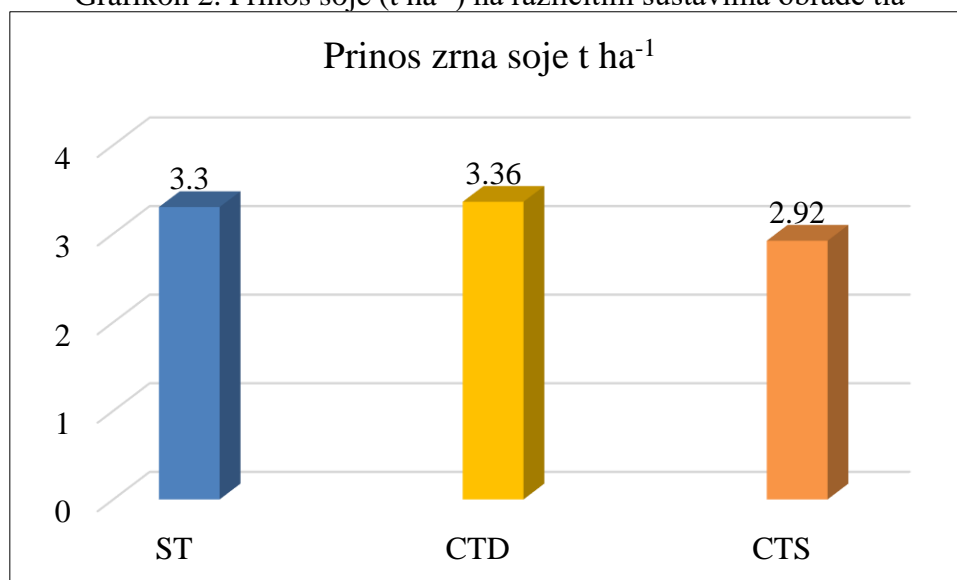
Grafikon 1. Oborine i temperature tijekom istraživanja (Čačinci, 2022.) i višegodišnji prosjek (1984./2013.)



5. REZULTATI I RASPRAVA

Iako je vegetacijsko razdoblje soje u 2022. godini bilo karakterizirano nedostatkom oborina uz iznadprosječne temperature zraka (Grafikon 1.) što je zasigurno utjecalo na formiranje prinosa, ostvareni prinosi soje bili su zadovoljavajući i u prosjeku se kretali od 2,9 do 3,3 t ha⁻¹. Količina oborina značajno može utjecati na prinos soje što je potvrđuju i Jukić i sur., (2010.), a istodobne visoke temperature zraka također imaju utjecaj na formiranje prinosa zrna soje (Basal i Szabo, 2020., Cotrim i sur., 2021.). Veće količine oborina uobičajeno povoljno utječu na ostvarivanje viših prinosa soje što je potvrđeno višegodišnjim istraživanjima (Šimunić i sur., 2009.). Prosječni ostvareni prinosi u ovom istraživanju nisu značajno varirali u usporedbi različitih sustava obrade tla. Najveći prosječan prinos soje (3,36 t ha⁻¹) ostvaren je na dubokom konzervacijskom sustavu obrade tla (CTD) (Grafikon 2.) dok je najmanji prosječni prinos zrna (2,92 t ha⁻¹) zabilježen na plitkom konzervacijskom sustavu (CTS). Razlike u ostvarenom prinosu između plitkog konzervacijskog (CTS) i konvencionalnog sustava obrade tla (ST) iznosile su oko 0,3 t ha⁻¹, a zadovoljavajući prinosi soje na reduciranim sustavima obrade tla potvrđeni su također i istraživanjima (Chečan i sur., 2022.). Brojna istraživanja potvrđuju kako je utjecaj konzervacijske obrade tla na ostvarenje prinosa pod utjecajem svojstava tla i klimatskih uvjeta (DeFelice i sur., 2006., Toliver i sur., 2012.).

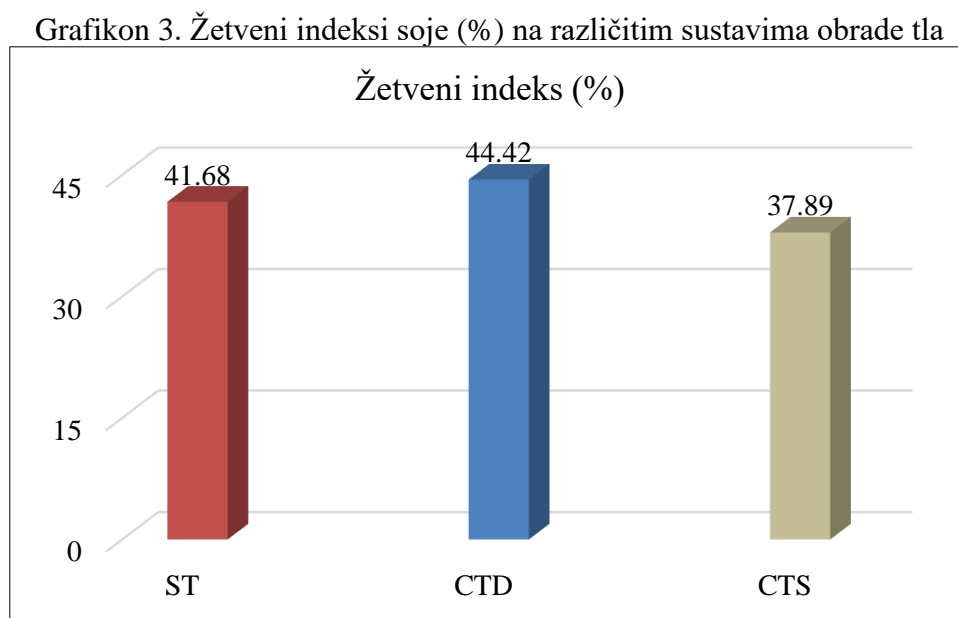
Grafikon 2. Prinos soje (t ha⁻¹) na različitim sustavima obrade tla



Duboki konzervacijski sustav obrade tla (CTD) rezultirao je najvećim prosječnim prinosom soje što ukazuje na pozitivan utjecaj konzervacijske obrade tla na prilagodbu i otpornost

nepovoljnim klimatskim uvjetima. Istraživanja Williams i sur., (2018.) i Michler i sur., (2019.) također potvrđuju pozitivan aspekt konzervacijske obrade na prilagodbu i ublažavanje negativnog utjecaja klimatskih promjena u poljoprivrednoj proizvodnji. Ublažavanje utjecaja suše na formiranje prinosa soje i smanjenje rizika u ostvarivanju stabilnih prinosa i produktivnosti proizvodnje soje primjenom konzervacijske obrade tla potvrđeno je i istraživanjima Chen i sur., (2021.). Nešto niži prosječni prinos soje na plitkom konzervacijskom sustavu obrade tla (CTS) u odnosu na konvencionalni (ST) i duboki konzervacijski (CTD) moguća je posljedica veće razine zakorovljenosti na tretmanu CTS. Plitki konzervacijski sustav obrade imao je izraženiju zakorovljenost u pogledu brojnosti korova te se razlikovao od preostala dva sustava obrade u pogledu sastava korovne flore (veća pojavnost višegodišnjih korova). Negativan utjecaj zakorovljenosti na uzgoj soje dobro je poznat (Gaweda i sur., 2020.), a korovi su jedan od glavnih faktora koji dovode do smanjenja prinosa soje (Wallace i sur., 2018.).

Dobivene prosječne vrijednosti žetvenog indeksa, koji je pokazatelj udjela zrna u ukupnom biološkom prinosu, variraju od 37,89 % na plitkom konzervacijskom sustavu obrade tla (CTS) do 44,42 % na dubokom konzervacijskom (CTD) gdje je ostvareni žetveni indeks u prosjeku najveći (Grafikon 3).



6. ZAKLJUČAK

Temeljem prikazanog istraživanja u 2022. vegetacijskoj godini utvrđeno je kako konzervacijska obrada tla ostvaruje jednake, odnosno veće prinose u usporedbi s konvencionalnim načinom obrade. Prosječni prinosi između ispitivanih načina obrade su varirali od 2.92 do 3.36 t ha⁻¹. Najveći prinos zabilježen je na dubokoj konzervacijskoj obradi tla, zatim je slijedila konvencionalna obrada, a najmanji prinos ostvarila je plitka konzervacijska obrada. Proizvodna godina nije bila izrazito pogodna za uzgoj soje zbog nedostatka oborina te izrazito visokih temperatura, no unatoč tome ostvareni su zadovoljavajući rezultati. Konzervacijski sustavi obrade tla pokazali su se pogodnim s obzirom na ostvarene prinose soje u odnosu na konvencionalni sustav obrade tla. Duboka konzervacijska obrada tla pokazala se kao najpogodniji sustav obrade u pogledu ostvarenih prinosa soje u nepovoljnim vremenskim uvjetima.

Istraživanja s konzervacijskim sustavima obrade tla u proizvodnji soje potrebno je nastaviti u višegodišnjim istraživanjima i različitim agroekološkim uvjetima što bi doprinijelo široj implementaciji konzervacijske obrade u poljoprivredi Republike Hrvatske.

7. POPIS LITERATURE

1. Adamič, S., Leskovšek, R. (2021.): Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) Growth, Yield, and Nodulation in the Early Transition Period from Conventional Tillage to Conservation and No-Tillage Systems. *Agronomy*, 11, 2477.
2. Aune, J. B. (2012.): Conventional, Organic and Conservation Agriculture: Production and Environmental Impact. In *Agroecology and Strategies for Climate Change. Sustainable Agriculture Reviews*, 1st ed.; Lichtfouse, E., Ed.; Springer Dordrecht: Berlin, Germany. 8: 149–165.
3. Basal, O., Szabo, A. (2020.): Physiology, yield and quality of soybean as affected by drought stress. *Asian Journal of Agriculture and Biology*, 8 (3), 247-252.
4. Bašić, F., Bogunović, M., Božić, M., Husnjak, S., Jurić, I., Kisić, I., Mesić, M., Mirošević, N., Romić, D., Žugec, I. (2007.): The regionalisation of Croatian agriculture. *Agric. Conspec. Sci.*, 72, 27–381.
5. Bertheau, Y., Davison, J. (2011.): Soybean in the European Union, status and perspective. In *Recent Trends for Enhancing the Diversity and Quality of Soybean Products*; Krezhova, D., Ed.; IntechOpen Access: London, UK.; pp. 3–47.
6. Busari, M. A., Kukal, S. S., Haur, A., Bhatt, R., Dulazi, A. A. (2015.): Conservation tillage impacts on soil, crop and the environment. *International Soil and Water Conservation Research*, 3 (2):119-129.
7. Butorac, A., Kisić, I., Butorac, J. (2006.): Konzervacijska obrada tla u europskim zemljama, *Agronomski glasnik*, 2./2006.
8. Chen, B., Gramig, B. M., Yun, S. D. (2021.): Conservation tillage mitigates drought-induced soybean yield losses in the US Corn Belt. *Q Open*, 1, 1–29.
9. Chețan, F., Rusu, T., Chețan, C., Urdă, C., Rezi, R., Șimon, A., Bogdan, I. (2022.): Influence of Soil Tillage Systems on the Yield and Weeds Infestation in the Soybean Crop. *Land* (11): 1708.
10. Cotrim, M. F., Gava, R., Campos, C.N.S., De David, C.H.O., Reis, I.D.A., Teodoro, L. P. R. (2021.): Physiological performance of soybean genotypes grown under irrigated and rainfed conditions. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 207, 34-43.
11. DeFelice, M. S., Carter, P. R., Mitchell S. B. (2006.): ‘Influence of tillage on corn and soybean yield in the united states and canada’, *Crop Management*, 5/1: 1–7.
12. Derpsch, R. (2005.): The extent of conservation agriculture worldwide. Implications and impact. In *Proceedings of the III World Congress on Conservation Agriculture*. Mkomva et al., 13-16. Nairobi, Kenya: African Conservation Tillage Network, Nairobi. 4–8 October 2005.
13. Elhady, A., Hallmann, J., Heuer, H. (2020.): Symbiosis of soybean with nitrogen fixing bacteria affected by root lesion nematodes in a density-dependent manner. *Sci. Rep.*, 10, 1619.
14. FAO. (2016.): What is Conservation Agriculture? Available online: <http://www.fao.org/conservation-agriculture/overview/whatis-conservation-agriculture/en/> (accessed on 20 May 2024).

15. Fecák, P., Šariková, D., Cern I. (2010.): Influence of tillage system and starting N fertilization on seed yield and quality of soybean *Glycine max* (L.) Merrill. *Plant Soil Environ.*, 56, 105–110.
16. Ferguson, B. J. (2013.): The development and regulation of soybean nodules. In *A Comprehensive Survey of International Soybean Research—Genetics, Physiology, Agronomy, and Nitrogen Relationships*; Board, J.E., Ed.; IntechOpen Access: London, UK.; pp. 31–47
17. Foyer, C. H., Lam, H. M., Nguyen, H. T., Siddique, K. H., Varshney, R. K., Colmer, T. D. (2016.): Neglecting legumes has compromised human health and sustainable food production. *Nature plants*, 2, 1-10.
18. Gagro, M. (1997.): *Ratarstvo obiteljskog gospodarstva – Žitarice i zrnate mahunarke*. Hrvatsko agronomsko društvo, Zagreb, Hrvatska.
19. Gaweda, D., Nowak, A., Haliniarz, M., Woźniak, A. (2020.): Yield and Economic Effectiveness of Soybean Grown Under Different Cropping Systems. *Int. J. Plant Prod.*, 14, 475–485.
20. Hungria, M., Campo, R. J., Mendes, I. C. (2007.): *A Importância do Processo de Fixação Biológica de Nitrogênio para a Cultura da Soja: Componente Essencial para a Competitividade do Produto Brasileiro*; Embrapa Soja: Londrina, Brazil; 80p.
21. Iannetta, P.P.M., Young, M., Bachinger, J., Bergkvist, G., Doltra, J., Lopez-Bellido, R. J., Monti, M., Pappa, V. A., Reckling, M., Topp, C. (2016.): A Comparative Nitrogen Balance and Productivity Analysis of Legume and Non-legume Supported Cropping Systems: The Potential Role of Biological Nitrogen Fixation. *Front. Plant Sci.*, 7, 1700.
22. Indoria, A. K., Rao, C. S., Sharma, K. L., Reddy, K. S. (2017.): Conservation agriculture—A panacea to improve soil physical health. *Current. Science*, 112, 52–61.
23. Jacobs, A. A., Evans, R. S., Allison, J. K., Garner, E. R., Kingery, W. L., McCulley, R. L. (2022.): Cover crops and no-tillage reduce crop production costs and soil loss, compensating for lack of short-term soil quality improvement in a maize and soybean production system. *Soil and Tillage Research*, 218, 105310.
24. Jukić, G., Čupić, T., Marić, S., Jukić, R., Teodorović, R. (2010.): Utjecaj agroekoloških uvjeta na prinos zrna soje. *Sjemenarstvo* 27/10/3-4.
25. Jug, D., Birkas, M., Kisić, I. (2015.): *Obrada tla u agroekološkim okvirima*. Sveučilišni udžbenik. Hrvatsko društvo za proučavanje obrade tala (HDPOT), Osijek, Hrvatska.
26. Jug, D., Jug, I., Brozović, B., Vukadinović, V., Stipešević, B., Đurđević, B. (2018.): The role of conservation agriculture in climate change mitigation. *Poljoprivreda*. 24: 35-44.
27. Jug, I., Jug, D., Brozović, B., Vukadinović, V., Đurđević, B. (2022.): *Osnove tloznanstva i biljne proizvodnje*. Sveučilišni udžbenik, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Osijek, Hrvatska.
28. Kemal, D., Ismail, C., Mustafa, G., Ali, C., Dogan, K., Celik, I., Gok, M., Coskan, A. (2011.): Effect of different soil tillage methods on rhizobial nodulation, biomass and nitrogen content of second crop soybean. *Afr. J. Microbiol. Res.*, 5, 3186–3194.
29. Kihara, J., Martius, C., Bationo, A., Vlek, P.L.G. (2011.): Effects of Tillage and Crop Residue Application on Soybean Nitrogen Fixation in a Tropical Ferralsol. *Agriculture*, 1, 22–37.

30. Kombiok, J. M., Buah, S.S.J. (2013.): Tillage depth effects on nodulation, nitrogen fixation and yield of three soybean varieties in the Northern Savanna zone of Ghana. *Afr. J. Agric. Res.*, 8, 2340–2345.
31. Košutić, S., Filipović, D., Gospodarić, Z., Husnjak, S., Zimmer, R., Kovačev, I. (2006.): Comparison of different soil tillage systems in soybean and winter wheat production in Slavonia. *Agronomski glasnik: Glasilo Hrvatskog agronomskog društva*, Vol. 68 No. 5.
32. Mađar, S., Josipović, M. (1991.): Vremenske prilike na području istočne Hrvatske u 1990. godini. *Znanost i praksa u poljoprivredi i prehrambenoj tehnologiji (Posebno izdanje)*, Osijek, 21:153-159.
33. Manley, J., van Kooten, G. C., Moeltner, K., Johnson, D. W. (2005.): Creating carbon offsets in agriculture through no-till cultivation: a meta-analysis of costs and carbon benefits. *Climatic Change*, 68/(1–2): 41–65.
34. Michler, J. D., Baylis, K., Arends-Kuenning, M., Mazvimavi, K. (2019.): Conservation agriculture and climate resilience. *Journal of Environmental Economics and Management*, 93: 148–69.
35. Moraru, P. I., Rusu, T. (2012.): Effect of tillage systems on soil moisture, soil temperature, soil respiration and production of wheat, maize and soybean crops. *Journal of Food, Agriculture & Environment*. 10 (2): 445-448.
36. Palm, C., Blanco-Canqui, H., De Clerck, F., Gatere, P. (2013.): Conservation agriculture and ecosystem services: An overview. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 187: 87–105.
37. Raper, R. L., Reeves, D. W., Burmester, C. H., Schwab, E. B. (2000.): Tillage depth, tillage timing, and cover crop effects on cotton yield, soil strength, and tillage energy requirements. *Applied Engineering in Agriculture*, 16(4), 379–385.
38. Quintarelli, V., Radicetti, E., Allevato, E., Stazi, S. R., Haider, G., Abideen, Z., Bibi, S., Jamal, A., Mancinelli, R. (2022.): Cover Crops for Sustainable Cropping Systems: A Review. *Agriculture*, 12, 2076.
39. Shahbandeh, M. (2020.): Soybean Production Worldwide 2012/13–2019/20, by Country. Statista 2020. Available online: <https://www.statista.com/statistics/263926/soybean-production-in-selected-countries-since-1980/>.
40. Sudarić, A., Vratarić, M. (2008.): Importance, achievements and trends in soybean breeding at the Agricultural Institute Osijek. *Sjemenarstvo*. (25): 3-4.
41. Sullivan, P. (2003.): Overview of cover crops and green manures. ATTRA, NCAT publication, 1-16. URL: <https://attra.ncat.org/publication/overview-of-cover-crops-and-green-manures/> (19. 5. 2024.)
42. Šakić Bobić, B., Grgić, Z., Očić, V., Zmaić, K., Jug, D. (2024.): Ekonomska opravdanost primjene konzervacijske obrade tla u proizvodnji soje // Zbornik radova 59. hrvatskog i 19. međunarodnog Simpozija agronoma. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, str. 74-80.
43. Šimunić, R., Miličević, I., Vrgoč, D., Eljuga, L. (2009.): Utjecaj količine oborina na gospodarska svojstva soje i suncokreta, 6. Naučno-stručni skup sa međunarodnim učešćem "KVALITET 2009", Neum, B&H, 04. - 07 juni 2009., str. 809-814.

44. Temperly, R. J., Borges, R. (2006.): Tillage and Crop Rotation Impact on Soybean Grain Yield and Composition. *Agron. J.*, 98, 999–1004.
45. Toliver, D. K., Larson, J. A., Roberts, R. K., English, B. C., De La Torre Ugarte, D. G., West, T. O. (2012.): 'Effects of no-till on yields as influenced by crop and environmental factors', *Agronomy Journal*, 104/2: 530-41.
46. Uri, N. D. (1999.): Conservation tillage in U.S. agriculture – Environmental, Economic, and Policy Issues, dostupno online: https://www.google.hr/books/edition/Conservation_Tillage_in_U_S_Agriculture/2uPYFG3XLoEC?hl=hr&gbpv=1
47. Vetsch, J. A., Randall, G. W., Lamb, J. A. (2007.): Corn and Soybean Production as Affected by Tillage Systems. *Agronomy Journal*, Volume 99, Issue 4 p. 952-959.
48. Vratarić, M., Sudarić, A. (2000.): Soja. Poljoprivredni Institut Osijek
49. Williams A., Jordan, N. R., Smith, R. G., Hunter, M. C., Kammerer, M., Kane, D. A., Koide, R. T., Davis, A. S. (2018.): A regionally-adapted implementation of conservation agriculture delivers rapid improvements to soil properties associated with crop yield stability. *Scientific Reports*, 8/1: 8467.
50. Wulanningtyas, H. S., Gong, Y., Li, P., Sakagami, N., Nishiwaki, J., Komatsuzaki, M. A. (2021.): Cover crop and no-tillage system for enhancing soil health by increasing soil organic matter in soybean cultivation. *Soil and Tillage Research*. 205, 104749.

POPIS SLIKA I PRILOGA

Slika 1. Glavne sastavnice konzervacijske poljoprivrede (Izvor: https://www.researchgate.net/figure/Basic-principles-of-Conservation-Agriculture_fig1_338747348)

Slika 2. No till sustav obrade (Izvor: https://rainman-toolbox.eu/upcp_product/no-or-low-tillage-incl-mulching-and-direct-seeding-and-strip-till-2/)

Slika 3. Pokrovni usjev (Izvor: Aragović, M., 2023.)

Slika 4. Shematizirani prikaz gubitka vlage na različitim sustavima obrade tla, utjecaj sustava obrade tla na temperaturu tla, disanje, bioraznolikost i dinamiku ugljika u tlu (Izvor: Jug, D. <https://www.opb.com.hr/>)

Slika 5. Svjetska proizvodnja soje unazad 20 godina (Izvor: <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/ci/research-analysis/blog-world-soybean-production-projected-rebound.html>)

Slika 6. Soja (Izvor: Brozović, B., 2022.)

Slika 7. Usjev soje na eksperimentalnoj površini u Čačincima (Izvor: Brozović, B., 2022.)

Slika 8. Prekrivenost površine tla žetvenim ostacima kukuruza (Izvor: Jug, D., 2022.)

Slika 9. Bakterizirano sjeme soje (Izvor: Brozović, B., 2022.)

Tablica 1. Udio konzervacijske poljoprivrede (CA) u cjelokupnoj svjetskoj poljoprivrednoj proizvodnji (Izvor: <https://www.researchgate.net/figure/Area-under-Conservation-Agriculture-by-continent-adapted-from-Friedrich-e-tal-2012>)

Tablica 2. Zasijsane površine pod sojom u Republici Hrvatskoj od 2010. do 2019. godine (Izvor: Državni zavod za statistiku, <https://web.dzs.hr/PXWeb/Table.aspx?layout=>)

Tablica 3. Osnovna kemijska svojstva tla na eksperimentalnoj površini (Čačinci)

Grafikon 1. Oborine i temperature tijekom istraživanja (Čačinci, 2022.) i višegodišnji prosjek (1984./2013.)

Grafikon 2. Prinos soje ($t\ ha^{-1}$) na različitim sustavima obrade tla

Grafikon 3. Žetveni indeksi soje (%) na različitim sustavima obrade tla