Utjecaj vodnog stresa na alelopatski potencijal salate (Lactuca sativa L.)

Mijić, Matej

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechical Sciences Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:082904

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-17**

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

zir.nsk.hr

DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Matej Mijić

Diplomski studij Bilinogojstvo

Smjer Zaštita bilja

UTJECAJ VODNOG STRESA NA ALELOPATSKI POTENCIJAL SALATE (*Lactuca sativa* L.)

Diplomski rad

Osijek, 2020.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Matej Mijić

Diplomski studij Bilinogojstvo

Smjer Zaštita bilja

UTJECAJ VODNOG STRESA NA ALELOPATSKI POTENCIJAL SALATE (*Lactuca sativa* L.)

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. prof. dr. sc. Renata Baličević, predsjednik
2. doc. dr. sc. Marija Ravlić, mentor
3. doc. dr. sc. Monika Marković, član

Osijek, 2020.

Sadržaj

1. Uvod 1
1.1. Cilj istraživanja 2
2. Pregled literature 3
3. Materijal i metode 9
3.1. Biljna masa 9
3.2. Priprema vodenih ekstrakata 9
3.3. Test vrsta 9
3.4. Pokus 10
3.5. Prikupljanje i statistička obrada podataka 11
4. Rezultati 13
4.1. Alelopatski utjecaj vodenih ekstrakata salate na klijavost sjemena rotkvice 13
4.2. Alelopatski utjecaj vodenih ekstrakata salate na duljinu korijena klijanaca rotkvice. 17
4.3. Alelopatski utjecaj vodenih ekstrakata salate na duljinu izdanka klijanaca rotkvice 19
4.4. Alelopatski utjecaj vodenih ekstrakata salate na svježu masu klijanaca rotkvice 21
5. Rasprava 23
6. Zaključak 25
7. Popis literature 26
8. Sažetak 30
9. Summary 31
10. Popis slika 32
11. Popis grafikona 33
TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA
BASIC DOCUMENTATION CARD

1. Uvod

Alelopatiju je prvi puta definirao austrijski botaničar Molisch kao kemijsku interakciju između biljaka ili pak kao interakciju između mikroorganizama i viših biljaka koja uključuje stimulatorno, ali i inhibitorno djelovanje (Chon i Nelson, 2009.). Definicija alelopatije kasnije je dodatno proširena kako bi obuhvatila bilo koji direktni ili indirektni, štetni ili korisni utjecaj jedne biljke (biljke donora) na drugu biljku (biljku primatelja) proizvodnjom kemijskih spojeva (alelokemikalija) koji se otpuštaju u okoliš (Rice, 1984.). Alelopatske interakcije između biljaka promatraju se već stoljećima, ali je samo nekoliko specifičnih alelokemikalija uspješno identificirano (Chon i Nelson, 2009.).

Alelopatski utjecaji u agroekosustavima mogu se odvijati između korova i usjeva, između dva korova, dva usjeva i također između pojedinačnih biljaka (Abbas i sur., 2014., Alam i sur., 2001.). Alelopatija ima ključnu ulogu u kontroli korova, zaštiti usjeva i njihovoj ponovnoj uspostavi. Alelokemikalije mogu utjecati na fiziološke funkcije kao što su disanje, fotosinteza i unos iona (Chon i Nelson, 2009.).

Alelokemikalije pripadaju sekundarnim metabolitima, a oni imaju veliku ulogu u obrani biljaka povećavajući njihovu kompeticiju (Ferguson i sur., 2009.). Broj sekundarnih metabolita u prirodi procjenjuje se na oko 400.000 (Qasem i Foy, 2001.). Prisutnost alelokemikalija potvrđena je u svim biljnim dijelovima, korijenu, stabljici, listovima, kori, pupovima, polenu, cvjetovima, plodovima i sjemenu, a najčešće listovi imaju najveći inhibitorni učinak (Tanveer i sur., 2010., Rice, 1984., Putnam i Tang, 1986.).

Otpuštanje alelokemikalija u okoliš odvija se korijenovim eksudatima u tlo, isparavanjem odnosno volatizacijom, ispiranjem iz svježe ili suhe biljne mase te razgradnjom (dekompozicijom) biljnih ostataka u tlu (Dayan i sur., 2000.).

Alelokemikalije djeluju najčešće selektivno, stoga jedna biljna vrsta može imati različit utjecaj na pojedine test vrste (Rizvi i Rizvi, 1992.). Alelopatski potencijal pojedine biljke donora ovisi o brojnim čimbenicima kao što su koncentracija, doza, biljni dio, fenološka faza biljke, genotip, način oslobađanja alelokemikalija i slično (Norsworthy, 2003., Singh i sur., 2013., Ravlić i sur., 2014., Motamedi i sur., 2016.). Okolišni odnosno biotski i abiotski čimbenici kao što su suša, iradijacija, nedostatak hraniva, temperatura, utjecaj bolesti i štetnika utječu na količinu alelokemikalija u biljci donoru (Einhellig, 1995., Motamedi i sur., 2016.).

1.1. Cilj istraživanja

Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj vodnog stresa odnosno različitih normi navodnjavanja na alelopatski potencijal salate. Alelopatski potencijal vodenih ekstrakata pripremljenih od listova salate uzgajane pri različitim normama navodnjavanja testiran je u tri koncentracije na klijavost sjemena i rast klijanaca rotkvice.

2. Pregled literature

Alelokemikalije predstavljaju mnoštvo kemijskih spojeva, od jednostavnih ugljikovodika i alifatičnih kiselina do složenih policikličkih struktura. Također, alelokemikalije uključuju jednostavne organske kiseline topive u vodi i nezasićene laktone, dugolančane masne kiseline i poliacetilene, naftokinone, antrakinone i složene kinone, jednostavne fenole, benzojevu kiselinu i derivate, cimetnu kiselinu i derivate, flavonoide, tanine, terpenoide i steroide, aminokiseline i polipeptide, alkaloide i cijanohidrine, sulfide i glukozide, purine i nukleotide, kumarine, tiocijanate, laktone i aktogenine. One mogu djelovati neizravno mijenjanjem svojstava tla, prehrambenog statusa, sastava populacije ili djelovanjem mikroorganizama i nematoda ili pak izravno putem biokemijskih / fizioloških učinaka na različite važne procese rasta i metabolizma biljke, poput unosa minerala, mitoze (inhibicija), hormonske regulacije, disanja (stimulacija ili inhibicija), sinteze proteina (inhibicija), enzimatske aktivnosti (inhibicija), propusnosti membrane, fotosinteze (inhibicija) i slično (Friedjung i sur., 2013.).

Razina alelopatske aktivnosti i koncentracije alelokemikalija koje biljke ispuštaju u okoliš, uključujući eksudate korijena, specifična je za svaku vrstu i ovisi o biotskim i abiotskim faktorima stresa (Latif i sur., 2017., Albuquerque i sur., 2011.).

Prethodna istraživanja pokazala su da se u biljkama koje su izložene biotskom ili abiotskom stresu, kao što su hladnoća, vrućina, poplave i ostalo; proizvode alelokemikalije, poput fenolnih kiselina ili drugih spojeva, radi zaštite i opstanka vrste u poljskim uvjetima (Patra i sur., 2013., Bourgaud i sur., 2001., Seigler, 1998.).

Prema Tang i sur. (1995.) sekundarni metaboliti pridonose obrambenim mehanizmima biljke, a njihova koncentracija se povećava u uvjetima abiotskog i biotskog stresa. U njihovom pokusu vodni stres povećao je koncentraciju fitotoksičnih sekundarnih metabolita u biljnim tkivima gomoljastog šilja (*Cyperus rotundus* L.) i rizosferi.

Poznato je da veliki broj korova, uključujući vrste *Echinochloa colonum* (L.) Link., *Portulaca oleracea* L. (tušt), *Amaranthus hybridus* L. (zeleni amarant), *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik. (prava rusomača) i *Chenopodium album* L. (bijela loboda) utječu na salatu (Haar i Fennimore, 2003., Santos i sur., 2003., Fennimore i Umeda, 2003.).

Motamedi i sur. (2016.) istraživali su alelopatski utjecaj biljnih ostataka različitih genotipova šafranike (*Carthamus tinctorius* L.) na klijavost i rast rotkvice. Provedena su dva pokusa, i

to pokus u Petrijevim zdjelicama na agaru te pokus u posudama s tlom. Ukupno je istraženo 40 genotipova šafranike koji su uzgajani u tretmanu s navodnjavanjem te u uvjetima stresa izazvanog nedostatkom vode. Rezultati pokusa na agaru su pokazali da je stres izazvan nedostatkom vode povećao alelopatski učinak gotovo svih genotipova šafranike, te su klijavost, duljina korijena i izdanka klijanaca te svježa masa klijanaca rotkvice bili u većoj mjeri sniženi u tretmanu s biljnim ostatcima šafranike uzgajane u uvjetima stresa izazvanog nedostatkom vode u odnosu na tretman s biljnim ostatcima navodnjavane šafranike. U pokusu u posudama vodni stres također je utjecao na alelopatski potencijal biljnih ostataka korijena i nadzemne mase šafranike. Biljni ostatci korijena i nadzemne mase šafranike pojedinih genotipova uzgajanih u uvjetima stresa izazvanog nedostatkom vode imali su veći negativni utjecaj na duljinu izdanka i svježu masu klijanaca u odnosu na tretman s biljnim ostatcima navodnjavane šafranike.

Tongma i sur. (2001.) istraživali su alelopatski utjecaj meksičkog suncokreta (*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray) uzgajanog u uvjetima vodnog stresa. Vodeni ekstrakti pripremljeni su od korijena, stabljike, mladih, zrelih i starih listova meksičkog suncokreta uzgajanog pri različitim vlažnostima tla (15, 25, 35, 45, 55 i 65 %mas.). Rezultati istraživanja su pokazali da su ekstrakti od svih biljnih dijelova meksičkog suncokreta uzgajanog pri nižoj vlažnosti tla imali jače inhibitorno djelovanje na duljinu korijena i izdanka klijanaca riže u odnosu na vodene ekstrakte od meksičkog suncokreta uzgajanog pri većoj vlažnosti tla. Klijanci riže uzgajani u tlu u kojem su prethodno rasle biljke meksičkog suncokreta također su bili pod negativnim alelopatskim utjecajem u odnosu na klijance riže koji su rasli u tlu bez prethodno uzgajanog meksičkog suncokreta.

Wang i sur. (2016.) istraživali su utjecaj vodnog stresa na osobine rasta i alelopatski potencijal invazivne biljke gorke loze (*Mikania micrantha* H.B.K.). U istraživanju je proučavana raspodjela biomase, fotosintetske karakteristike i alelopatski potencijal ove biljke u 4 pokusa: I. pokus - rast i morfologija, II. pokus - biotest, III. pokus - fotosintetski pokus i IV. pokus – pokus enzimatske aktivnosti. Biljke *M. micrantha* izrezane su na komade duljine 8 cm i zatim presađene u plastične posude, promjera 25 cm i visine 30 cm, tako da se u svakoj posudi nalazi po jedna biljka. Korištena su tri tretmana navodnjavanja: 1. kontrolni tretman kod kojeg je održavana visoka vlažnost tla (80 % poljskog vodnog kapaciteta, PVK), 2. umjereni vodni stres (40 % PVK) i 3. jak vodni stres (20 % PVK). Rezultati su pokazali da je vodni stres smanjio biomasu zbog promjena u raspodjeli i morfologiji biomase. Vodni stres značajno je inhibirao rast *M. micrantha*, uključujući

ukupnu biomasu, duljinu izdanka i površinu listova, posebno pod jakim vodnim stresom (20 % PVK). U usporedbi s kontrolom (80 % PVK), jak vodni stres značajno je smanjio ukupnu biomasu, dužinu izbojka i površinu listova za 50,3 %, 46,3 % odnosno 42,5 %. Istraživanje je pokazalo da vodni stres značajno smanjuje duljinu stabljike i biomasu *M. micrantha*, što ukazuje da *M. micrantha* može promijeniti svoju morfologiju i raspodjelu biomase kako bi se prilagodila stresu od suše. Također, rezultati sugeriraju da snažan vodni stres može poboljšati biosintezu alelokemikalija u *M. micrantha*, što bi zauzvrat moglo pojačati njene inhibitorne alelopatske učinke na susjedne biljke.

Ghafari i sur. (2018.) istražili su alelopatski potencijal devedeset i dvije populacije iranskog kumina uzgajane s navodnjavanjem te u uvjetima stresa izazvanog sušom, i to u pokusima u laboratoriju te u poljskom pokusu. Pored toga, pojava korova istražena je i u polju mjerenjem ukupnog broja i raznolikosti korova u navodnjavanim uvjetima. Istraživanje u laboratoriju provedeno je prema „sendvič“ metodi. Rezultati su pokazali da su dužina i svježa masa korijena i izdanka rotkvice osjetljiviji na alelokemikalije izlučene iz sjemenki kumina od ostalih parametara klijanja. Nadalje, svi genotipovi su pokazali manji prosječni postotak klijavosti u odnosu na kontrolu te bi tako mogli značajno smanjiti ukupan broj i raznolikost vrsta u njihovom okruženju. Postotak suzbijenih korova različitim genotipovima kumina bio je u pozitivnoj korelaciji sa postotkom inhibicije rasta rotkvice u laboratoriju. Dokazano je da vodni stres povećava alelopatski učinak sjemenki kumina u laboratorijskim pokusima. Klasifikacija prema sastavnoj metodi pokazala je da su genotipovi kumina razvrstani u dvije skupine u oba režima vlage. Unatoč tome što su bili pod utjecajima stresa, samo je šest genotipova ostalo u skupini s jakom alelopatskom aktivnošću. Prema ovim rezultatima, postoji značajna različitost u alelopatskom potencijalu u germplazmi iranskog kumina, koja može biti značajna pri uzgoju kumina za suzbijanje korova.

Silveira i sur. (2019.) proveli su istraživanje o utjecaju povišene koncentracije ugljičnog dioksida i stresa izazvanog sušom na remedijaciju uzoraka tla kontaminiranog imazapirom i herbicidima na osnovi imazapira talijanskim ljuljem (*Lolium multiflorum* Lam.) te procijeniti alelopatski i bilo koji naknadni učinak ove vrste. Provedena su dva pokusa u otvorenim komorama. U prvom pokusu, ispitivan je remedijacijski kapacitet talijanskog ljulja pri različitim koncentracijama ugljičnog dioksida. U drugom pokusu, istražen je alelopatski potencijal talijanskog ljulja pri različitim koncentracijama ugljičnog dioksida, vlažnosti tla i gustoći biljne populacije. Povećanjem koncentracije ugljičnog dioksida smanjio se fitoremedijacijski potencijal talijanskog ljulja. Visoka koncentracija ugljičnog

dioksida u atmosferi smanjuje utjecaj talijanskog ljulja na saniranje imidazolinona, dok visoka koncentracija ugljičnog dioksida u kombinaciji s nedostatkom biljci pristupačne vode povećava alelopatski učinak talijanskog ljulja na klijanje i brzinu nicanja sjemenki zelene salate. Vodni stres u kombinaciji s koncentracijom ugljičnog dioksida od 700 µmol povećao je alelopatski učinak. Sveukupno, ovo su prvi podatci koji ukazuju na značajan učinak viših koncentracija ugljičnog dioksida na učinkovitost fitoremedijacije i alelopatskog potencijala biljnih vrsta koje se koriste u fitoremedijaciji. Potrebno je provesti dodatna istraživanja, kako bi se utvrdilo zašto i koja količina talijanskog ljulja smanjuje remedijacijski potencijal. Osim toga, potrebno je utvrditi koji spoj izaziva alelopatski učinak i kako na njega utječu abiotski čimbenici.

Medina-Villar i sur. (2020.) navode kako se alelopatski učinak pojedinih biljaka može povećati pod djelovanjem biotskih i abiotskih stresova. Provedeno je istraživanje u kojemu je ispitivana uloga kompeticije između vrsta, kao biotskog stresa, i očekivanih klimatskih uvjeta u budućnosti (odnosno intenzivnih poplava u proljeće; toplijih i sušnijih ljeta), kao abiotskog stresa, na svojstva i alelopatski potencijal invazivne biljke poznate kao Makijeva kozja krv (*Lonicera maackii* Rupr.). *L. maackii* je agresivna egzotična invazivna biljka rasprostranjena u srednje-zapadnom dijelu SAD-a, koja svojim alelopatskim djelovanjem može utjecati na domaću floru. U pokusu su uzgajane biljke *L. maackii*, koje su prikupljene sa polja (poljske biljke) ili one koje su klijale iz sjemena u stakleniku (klijanci), sa ili bez kompeticije između vrsta i pod simuliranim sadašnjim i očekivanim budućim uvjetima u proljeće i ljeto. Zatim su mjerena različita svojstva i varijable, kao što su pokazatelji biljnog stresa, biomasa biljke i koncentracija pigmenata, ugljika i dušika; te alelopatski potencijal (tj. učinak ekstrakta listova *L. maackii* i supstrata na klijanje dviju biljnih vrsta). U skladu sa postavljenom hipotezom, intenzivna poplava smanjila je biomasu *L. maackii* i povećala njen alelopatski potencijal. Ljeti su biljke *L. maackii* bile pod većim stresom (niži prosječni indikator stresa) pri budućim ljetnim uvjetima i kompeticiji nego pri sadašnjim uvjetima bez kompetitora, ali su imale sličan alelopatski potencijal. To upućuje na prisutnost granice stresa, od koje se alelopatski potencijal nadalje ne povećava. Kompeticija je negativno utjecala na svojstva klijanaca (npr. smanjenje biljne mase) u odnosu na poljske biljke, ali je zapravo samo povećala alelopatski potencijal. Rezultati su pokazali da bi negativni učinci intenzivnih poplava na svojstva *L. maackii* mogli biti korisni u kompeticiji biljka-biljka u smislu povećanog alelopatskog potencijala.

Kotzamani i sur. (2020.) istraživali su utjecaj zaslanjenosti tla na alelopatsku aktivnost 18 sorti ječma (*Hordeum vulgare* L.). Alelopatija ječma, uzgojenog na slanim i tlima bez povećanog sadržaja soli, ispitivana je tijekom dvogodišnjeg poljskog pokusa, koristeći pri tome biološki test na temelju perlita s ljuljem (*Lolium rigidum* L.) kao biljnim indikatorom. Dvije glavne alelopatske supstance, gramin i hordein, utvrđene su korištenjem tekuće kromatografije visokih performansi i tandemske masene spektrometrije. Rezultati su pokazali da vodeni ekstrakti ječma nepovoljno utječu na klijanje i dužinu korijena ljulja. Također, sekundarni metabolit gramin utvrđen je u većim koncentracijama u odnosu na hordein. Za većinu sorti ječma, slanost tla smanjila je fitotoksičnost vodenih ekstrakata, kao i koncentraciju gramina. Međutim, gramin i hordein nisu pokazali veliku korelaciju s fitotoksičnošću ekstrakata ječma, što ukazuje na moguću uključenost drugih alelopatskih supstanci. Zaključno, alelopatski potencijal ječma vjerojatno se smanjuje na tlima sa visokom zaslanjenošću.

Khanh i sur. (2018.) provode istraživanje u kojemu nastoje procijeniti alelopatske reakcije klijanaca riže (*Oryza sativa* L.) u poplavnim uvjetima i različitim temperaturama zraka (10 °C, 25 °C, 32 °C i 37 °C). Rezultati ovog istraživanja pružaju korisne informacije za bolje razumijevanje alelopatskih reakcija rižinih klijanaca pri uvjetima višestrukog stresa, čija se pojava istodobno očekuje u promjenjivoj klimi. U pokusu je korišteno sjeme dviju vrsta riža: „Koshihikari“ (Japonica) i „Jasmine“ (Indica). Sjemenke salate i rotkvice korištene su kao biljke indikatori, jer su osjetljive na male koncentracije alelokemikalija (Khanh i sur., 2005.). Rezultati su pokazali da široki raspon alelopatskih reakcija rižinih klijanaca ovisi o sorti i uvjetima stresa, pri čemu je temperatura zraka imala glavnu ulogu. Dokazano je da su ekstrakti rižinih klijanaca izazvali značajno sprječavanje klijavosti sjemena salate i rotkvice, ali su imali zanemarive alelopatske učinke na rast običnog koštana (*Echinochloa crus-galli* L.), dok je istovremeno stimulirana pojava i razvoj korova. Suprotno tome, korijenovi eksudati klijanaca riže sorte „Koshihikari“ (K32) pri temperaturi zraka od 32 °C smanjili su ukupan broj korova za ≈ 60,0 %, a ukupnu suhu masu korova za 93,0 %; odnosno u većoj mjeri od ostalih korijenovih eksudata. Ekstrakti i korijenovi eksudati imali su najveću ukupnu količinu fenola i flavonoida kada su klijanci riže tretirani pri temperaturi zraka od 37 °C i pod abiotskim stresom. Navedeno je da pet fenolnih kiselina u koncentracijama od 0,360, 0,045, 1,309, 3,052 i 5,543 μg/mL, mogu biti uključene u alelopatske reakcije korijenovih eksudata (K32), te na taj način mogu značajno inhibirati klijanje i rast običnog koštana i ostalih korova.

Očekuje se da će klimatske promjene posebno nepovoljno utjecati na proizvodnju alelokemikalija, što je tijekom posljednjih godina potaknulo značajan interes za ovo područje istraživanja (Jassey i sur., 2011., Putten i sur., 2013., Weston i sur., 2013.).

Chon i sur. (2005.) proveli su istraživanje čiji cilj je bio utvrditi alelopatske učinke vodenih ekstrakata ili ekstrakata metanola i biljnih ostataka salate pokusom u Petrijevim zdjelicama i pokusom u posudama s tlom. Istraživanje je provedeno u cilju boljeg razumijevanja mehanizama alelopatije u prirodnim i poljoprivrednim ekosustavima kroz testiranje alelopatskog učinka i kvantifikaciju alelokemikalija. U pokusu su korištene četiri sorte salate: Cheongchima, Ddukseom, Hoehyang i Jeokchima. Rezultati istraživanja su pokazali da se fitotoksični učinci ekstrakata četiri sorte razlikuju ovisno o sorti i da su ekstrakti sorte Cheongchima s listovima zelene boje pokazali jače inhibitorno djelovanje nego ekstrakti preostale tri sorte s ljubičastim listovima. Također je dokazano da ekstrakti listova zelene salate značajno odgađaju klijanje sjemena lucerne s povećanjem koncentracije samog ekstrakta. Suhi biljni ostatci salate inkorporirani u tlo smanjili su visinu biljaka, duljinu korijena te svježu masu korijena i izdanka koštana (*Echinochloa crus-galli* (L.) P.Beauv.). Bioanaliza na alelopatske učinke različitih ekstrakata ili biljnih ostataka salate pokazuje da je salata imala snažno herbicidno djelovanje na klijanje sjemena i rani rast klijanaca ispitivanih biljaka te da se aktivnost razlikovala ovisno o sorti, ekstraktu ili frakciji. Takve razlike mogu biti povezane sa specifičnim alelopatskim spojevima koji se proizvode u većim količinama u određenoj sorti ili frakciji, što ukazuje na višu razinu alelopatije. Alelopatski potencijal u ekstraktima i biljnim ostatcima salate može biti od velikog značaja u biološkoj kontroli korova u usjevu salate, koja se temelji na prirodnim biljnim ekstraktima.

Chon i sur. (2003.) proveli su pokus u kojem su istražili alelopatski utjecaj vodenih ekstrakata listova 16 biljaka iz porodice Compositae (glavočike) na rast klijanaca lucerne. Rezultati pokusa su pokazali najveće inhibitorno djelovanje vodenih ekstrakata salate, te vrsta *Cirsium japonicum* Fisch. ex D.C. (japanski osjak) i *Xanthium occidentale* Bertol. koji su značajno smanjili duljinu korijena klijanaca lucerne u pokusu u Petrijevim zdjelicama. Navedeni ekstrakti potpuno su inhibirali rast korijena klijanaca lucerne pri koncentraciji od 40 g suhe biljne mase po litri vode, dok je duljina izdanka bila pod manjim utjecajem. Utvrđeno je sinergijsko djelovanje sva tri vodena ekstrakta u odnosu na njihovo pojedinačno djelovanje.

3. Materijal i metode

Pokus je proveden tijekom 2018./2019. godine u Laboratoriju za fitofarmaciju na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti Osijek s ciljem utvrđivanja utjecaja vodnog stresa odnosno različitih normi navodnjavanja na alelopatski potencijal salate.

3.1. Biljna masa

Kao donor vrsta za pripremu vodenih ekstrakata korištena je salata kristalka (cv. Great lakes) navodnjavana različitim tretmanima navodnjavanja. Glavice salate uzete su iz pokusa Ilić (2018.) u kojem su primijenjena tri obroka (količina vode koju dodajemo u jednom navodnjavanju) navodnjavanja. Na tretmanu A1 obrok navodnjavanja bio je 5 l/m^2 , na tretmanu A2 salata je navodnjavanja s obrokom od 10 l/m^2 , a na A3 tretmanu navodnjavanja obrok navodnjavanja bio je 15 l/m^2. Na kraju razdoblja vegetacije norma navodnjavanja po tretmanima navodnjavanja bila je kako slijedi: na prvom tretmanu (A1) norma navodnjavanja iznosila je 45 mm, na drugom (A2) norma je iznosila 90 mm, dok je u trećem tretmanu (A3) norma navodnjavanja iznosila 135 mm. Norma navodnjavanja je količina vode koja je ukupno dodana tijekom razdoblja vegetacije.

Listovi salate sušeni su u laboratoriju na zraku, nakon čega su dosušeni u sušioniku pri temperaturi od 70 °C tijekom 72 sata. Osušena biljna masa samljevena je u prah pomoću električnog mlina te pohranjena u papirnate vrećice do izvođenja pokusa.

3.2. Priprema vodenih ekstrakata

Vodeni ekstrakti od biljne mase salate pripremljeni su prema modificiranoj metodi Norsworthy (2003.). Po 10 g osušene biljne mase salate potopljeno je u 100 ml destilirane vode. Dobivena smjesa stajala je tijekom 24 h na sobnoj temperaturi. Nakon toga smjesa je filtrirana kroz muslinsko platno kako bi se uklonile grube čestice, zatim filtrirana kroz filter papir čime su dobiveni vodeni ekstrakti koncentracije 10 %. Dobiveni ekstrakti razrijeđeni su destiliranom vodom kako bi se dobile koncentracije 5 % i 2,5 %. Vodeni ekstrakti su čuvani u hladnjaku na temperaturi od 4 °C do izvođenja pokusa.

3.3. Test vrsta

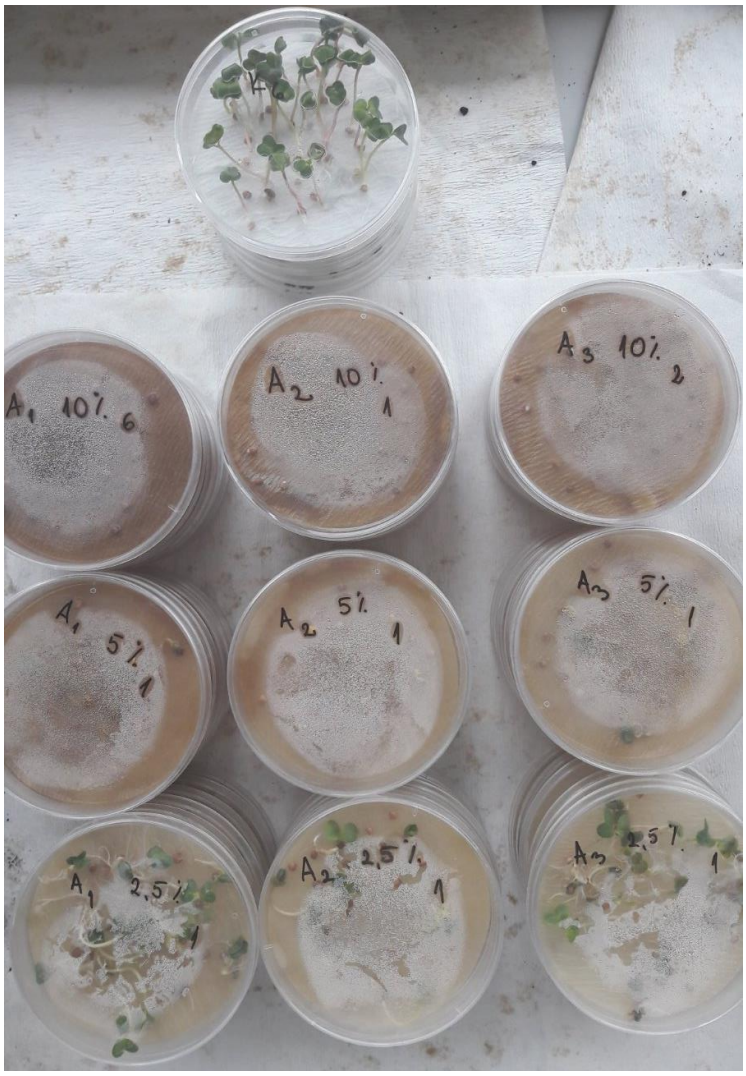
U pokusu je kao test vrsta korišteno komercijalno dostupno sjeme rotkvice (sorta Saxa) (slika 1.). Sjeme je prije pokusa površinski dezinficirano s 1 % NaOCl tijekom 20 minuta, te

isprano tri puta destiliranom vodom (Siddiqui i sur., 2009.). Rotkvica je izabrana kao test vrsta s obzirom na njenu osjetljivost na kemijske inhibitore i stimulatore te brzinu klijanja sjemena i rasta klijanaca (Motamedi i sur., 2016.).

Slika 1. Sjeme rotkvice korišteno u pokusu (Mijić, M., 2019.)

3.4. Pokus

Pokus je postavljen prema potpuno slučajnom planu s tretmanima u šest ponavljanja u kontroliranim laboratorijskim uvjetima. Tretmani u pokusu su se sastojali od naklijavanja 30 sjemenki rotkvice na filter papiru navlaženom s 3 ml ekstrakta određene koncentracije. U kontrolnom tretmanu filter papir je navlažen destiliranom vodom. Sjeme rotkvice naklijavano je 5 dana pri temperaturi od 22 (± 2) °C na laboratorijskim klupama (slika 2.).



Slika 2. Pokus u Petrijevim zdjelicama s vodenim ekstraktima salate uzgajane pri različitim normama navodnjavanja (A1, A2, A3) u tri različite koncentracije (2,5 %, 5 %, 10 %) (Mijić, M., 2019.)

3.5. Prikupljanje i statistička obrada podataka

Alelopatski utjecaj vodenih ekstrakata na kraju pokusa procijenjen je mjerenjem navedenih parametara:

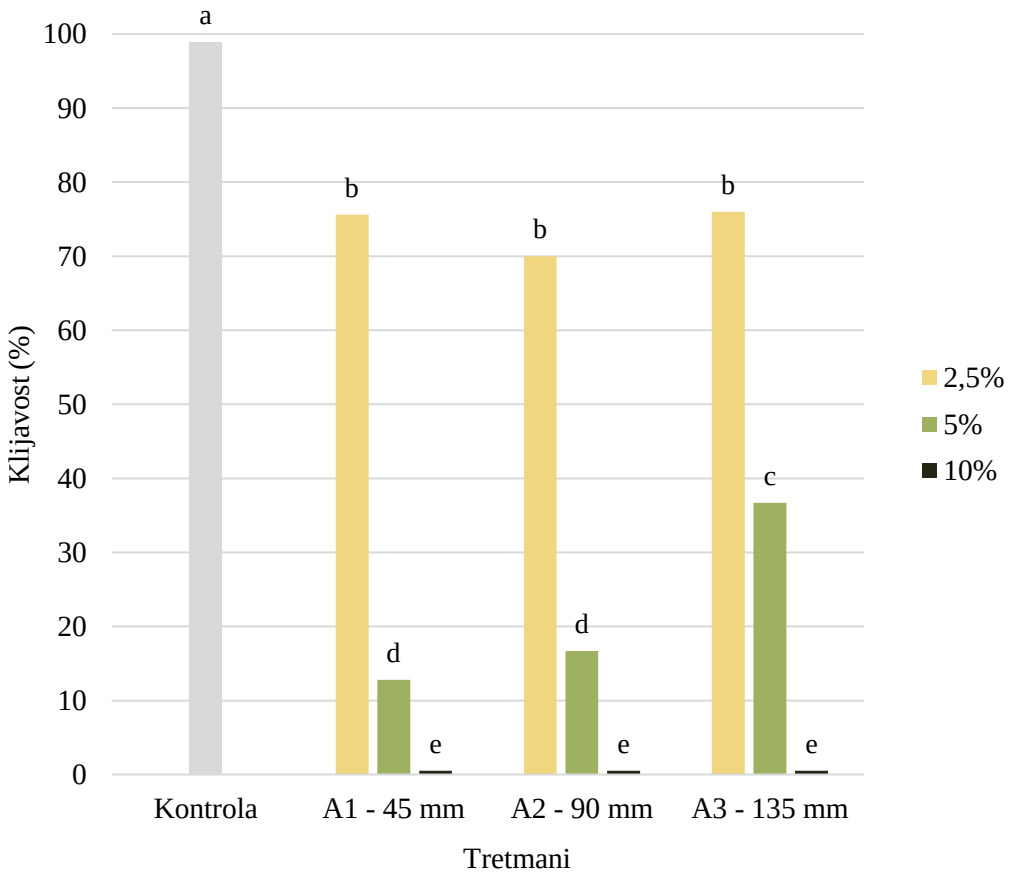
I. ukupna klijavost/nicanje sjemena (%); K (klijavost) = (broj klijavih sjemenki / ukupan broj sjemenki) x 100;
II. duljina korijena klijanaca (cm); izmjerena pomoću milimetarskog papira;
III. duljina izdanka klijanaca (cm); izmjerena pomoću milimetarskog papira;
IV. svježa masa klijanaca (mg); izmjerena pomoću elektroničke vage (0,0001 g).

Svi prikupljeni podatci obrađeni su računalno u programu Excel za izračun srednjih vrijednosti svih mjerenih parametara. Nakon toga podatci su analizirani statistički analizom varijance (ANOVA), a razlike između srednjih vrijednosti tretmana testirane su LSD testom na razini 0,05.

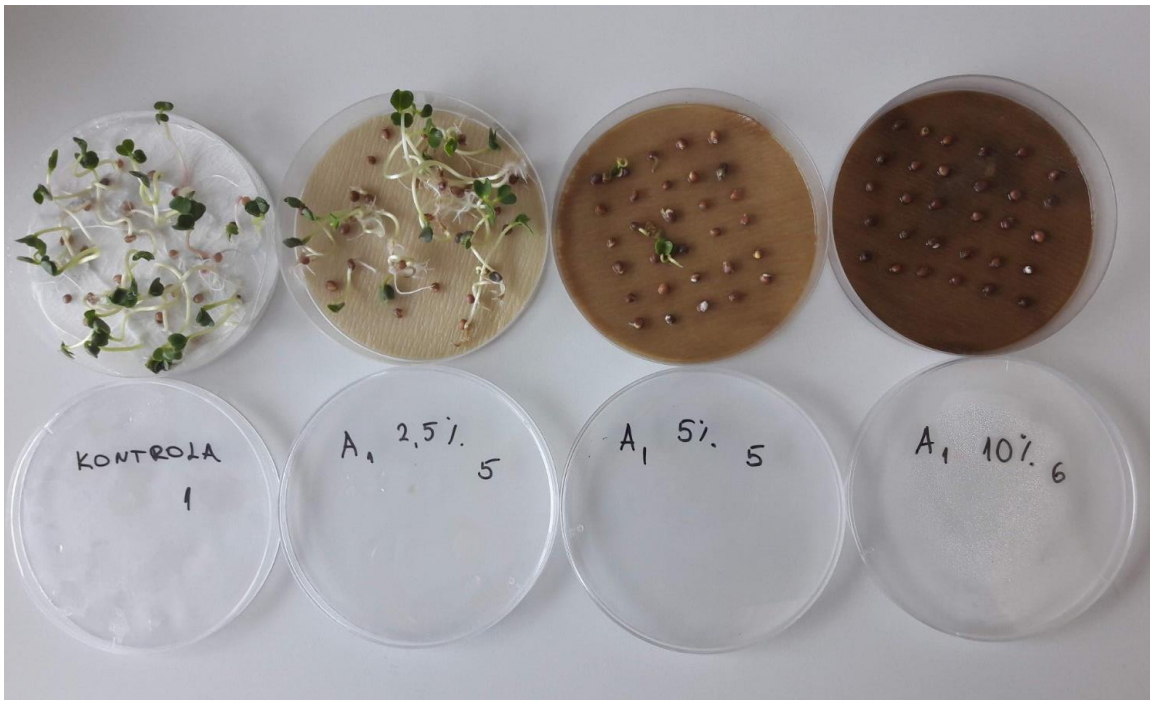
4. Rezultati

4.1. Alelopatski utjecaj vodenih ekstrakata salate na klijavost sjemena rotkvice

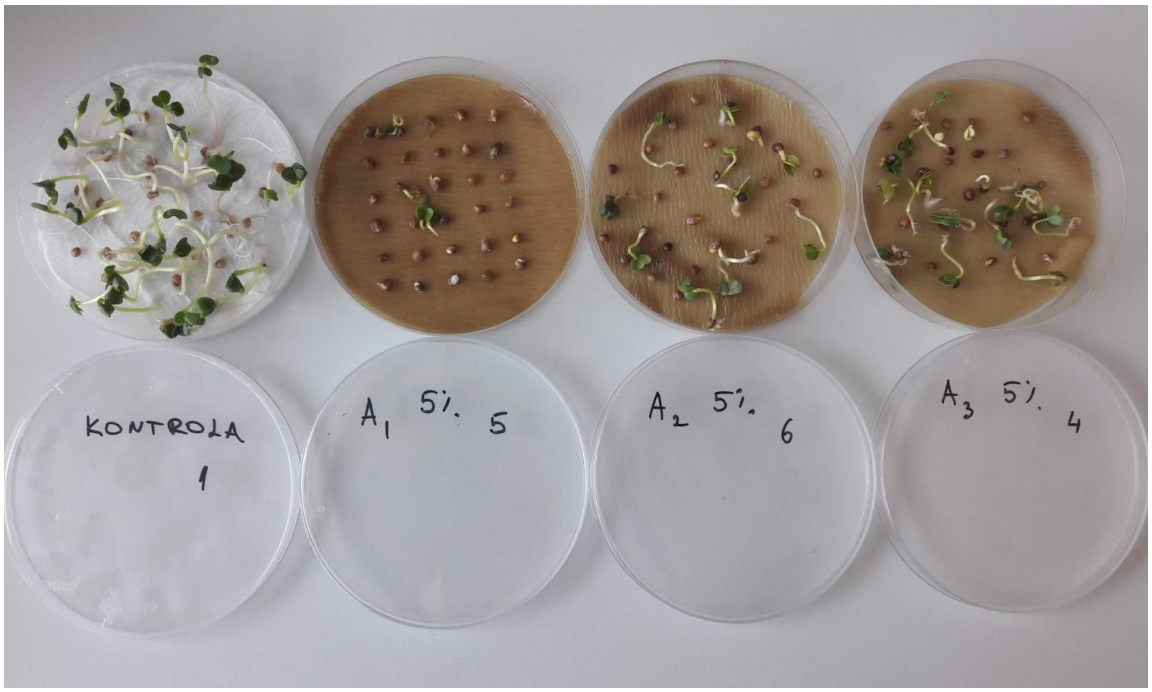
Vodeni ekstrakti pripremljeni od salate uzgajane pri različitim normama navodnjavanja u svim istraživanim koncentracijama pokazali su statistički značajan negativni alelopatski utjecaj na klijavost sjemena rotkvice (grafikon 1., slika 3., 4., 5.). Norma navodnjavanja salate nije pokazala statistički značajne razlike kod vodenih ekstrakata koncentracije 2,5 % koji su klijavost smanjili od 23,2 % do 29,2 %. Najviše koncentracije svih vodenih ekstrakata salate potpuno su inhibirale klijavost (100 %). Suprotno tome, zabilježene su razlike u alelopatskom potencijalu vodenih ekstrakata koncentracije 5 %. Vodeni ekstrakti pripremljeni od salate navodnjavane normama od 45 mm i 90 mm imali su značajno veći negativni alelopatski utjecaj na klijavost sjemena, dok je ekstrakt salate navodnjavane najvišom normom od 135 mm pokazao manje inhibitorno djelovanje.



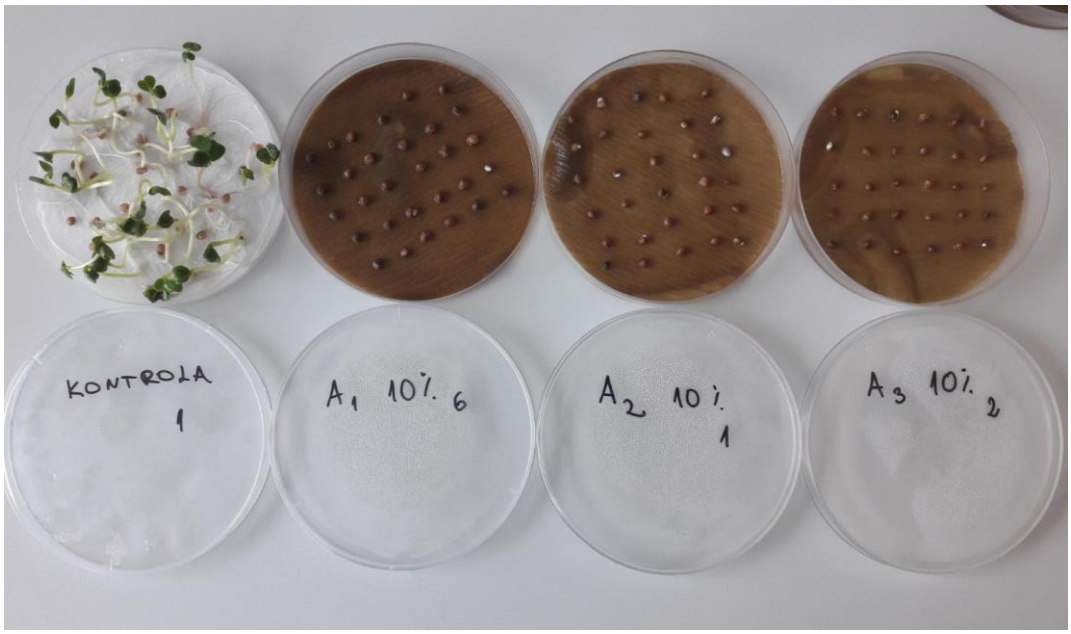
Grafikon 1. Alelopatski utjecaj različitih koncentracija vodenih ekstrakata salate iz različitih tretmana navodnjavanja (A1, A2, A3) na klijavost sjemena rotkvice



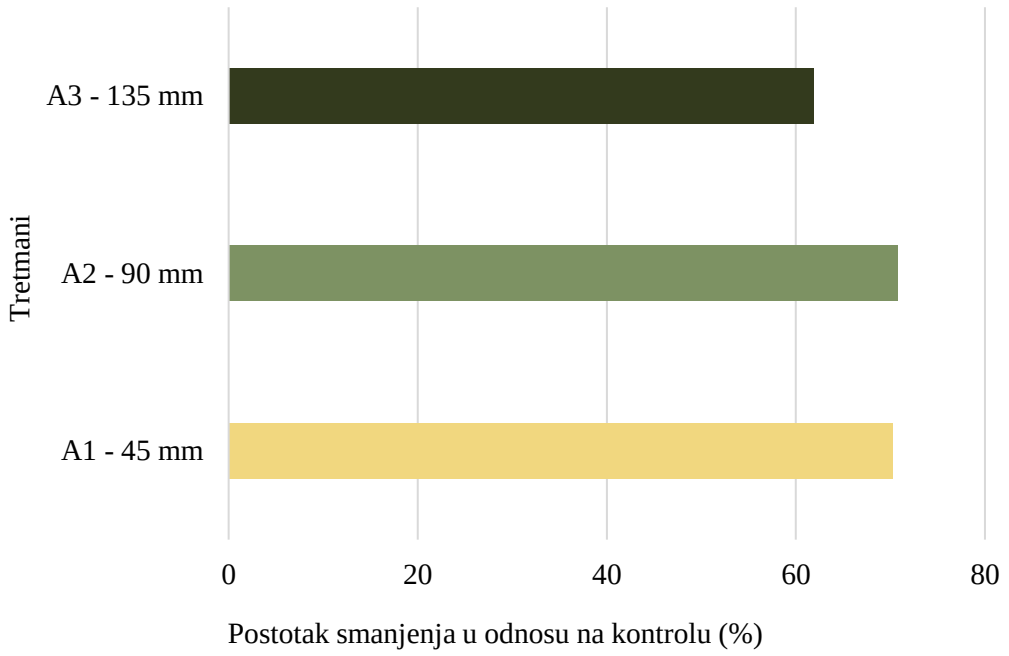
Slika 3. Alelopatski utjecaj različitih koncentracija vodenih ekstrakata salate uzgajane pri najnižoj normi navodnjavanja (45 mm) na klijavost sjemena rotkvice (Mijić, M., 2019.)



Slika 4. Alelopatski utjecaj vodenih ekstrakata salate iz različitih tretmana navodnjavanja (A1, A2, A3) koncentracije 5 % na klijavost sjemena rotkvice (Mijić, M., 2019.)



Slika 5. Alelopatski utjecaj vodenih ekstrakata salate iz različitih tretmana navodnjavanja (A1, A2, A3) koncentracije 10 % na klijavost sjemena rotkvice (Mijić, M., 2019.)

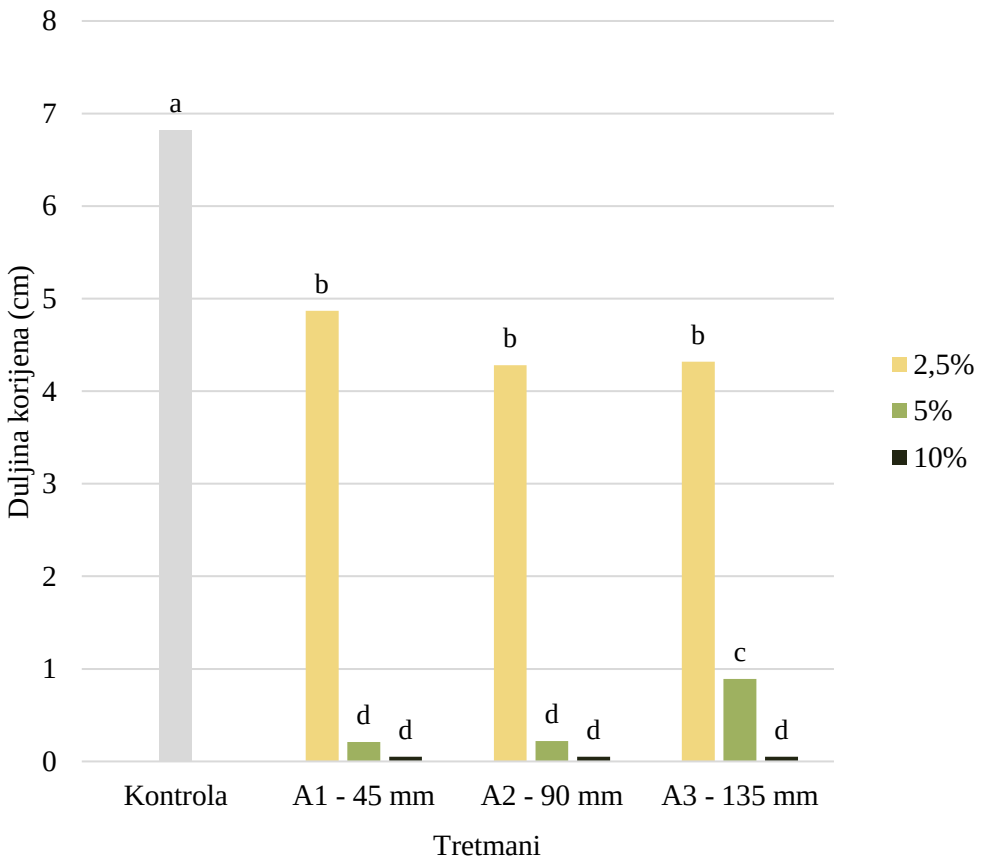


Grafikon 2. Usporedba vodenih ekstrakata salate iz različitih tretmana navodnjavanja (A1, A2, A3) (prosjek koncentracija) na klijavost sjemena rotkvice

Neovisno o koncentraciji, vodeni ekstrakti salate uzgajane pri dvije niže norme navodnjavanja smanjili su klijavost u odnosu na kontrolu podjednako i to za 70,2 % odnosno 70,8 % (grafikon 2.). S druge strane, slabiji alelopatski utjecaj zabilježen je u tretmanu s ekstraktom salate navodnjavane najvišom normom od 135 mm, te je smanjenje klijavosti u prosjeku iznosilo 61,9 %.

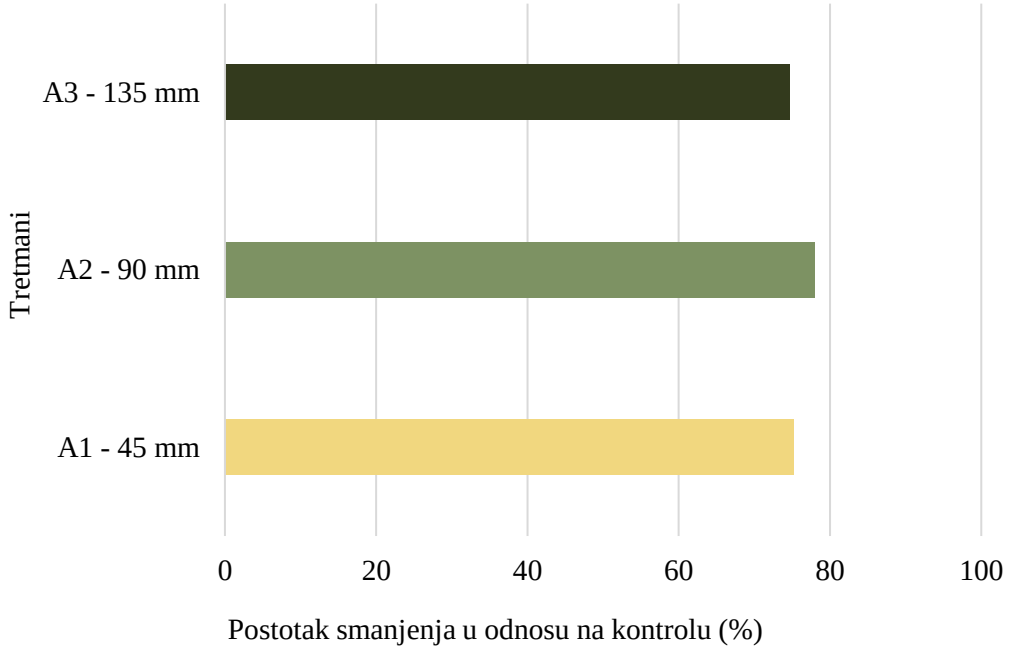
4.2. Alelopatski utjecaj vodenih ekstrakata salate na duljinu korijena klijanaca rotkvice

Vodeni ekstrakti pripremljeni od salate uzgajane pri različitim normama navodnjavanja u svim istraživanim koncentracijama pokazali su statistički značajan negativni alelopatski utjecaj na duljinu korijena klijanaca rotkvice (grafikon 3.). Norma navodnjavanja salate nije pokazala statistički značajne razlike kod vodenih ekstrakata koncentracije 2,5 % koji su duljinu korijena smanjili od 28,6 % do 37,2 %. Najviše koncentracije svih vodenih ekstrakata salate potpuno su inhibirale duljinu korijena klijanaca (100 %). Suprotno tome, zabilježene su razlike u alelopatskom potencijalu vodenih ekstrakata koncentracije 5 %, gdje je vodeni ekstrakt salate uzgajane pri najvišoj normi navodnjavanja imao slabiji alelopatski učinak od vodenih ekstrakata salate uzgajane pri dvije niže norme navodnjavanja. Spomenuti ekstrakti smanjili su duljinu korijena za 96,9 % i 96,8 % odnosno gotovo u istoj mjeri kao i vodeni ekstrakti koncentracije 10 %.



Grafikon 3. Alelopatski utjecaj različitih koncentracija vodenih ekstrakata salate iz različitih tretmana navodnjavanja (A1, A2, A3) na duljinu korijena klijanaca rotkvice

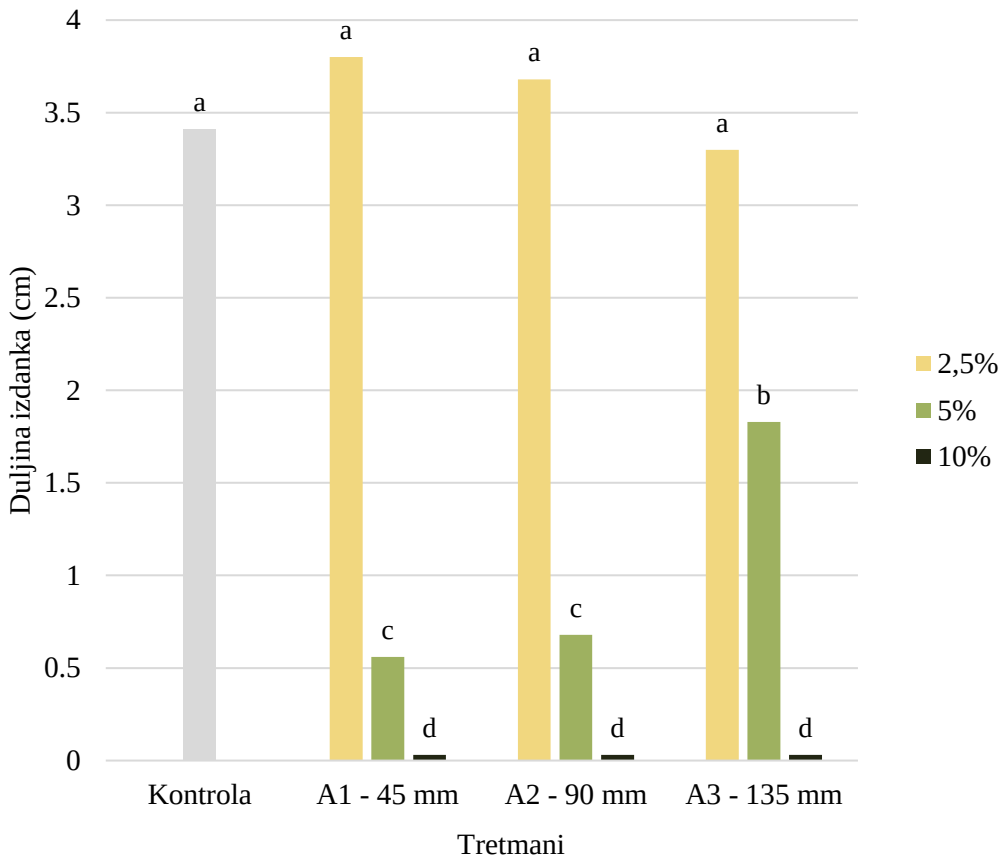
Neovisno o koncentraciji, vodeni ekstrakti salate uzgajane pri svim normama navodnjavanja smanjili su duljinu korijena u odnosu na kontrolu od 74,6 % do 78 % (grafikon 4.).



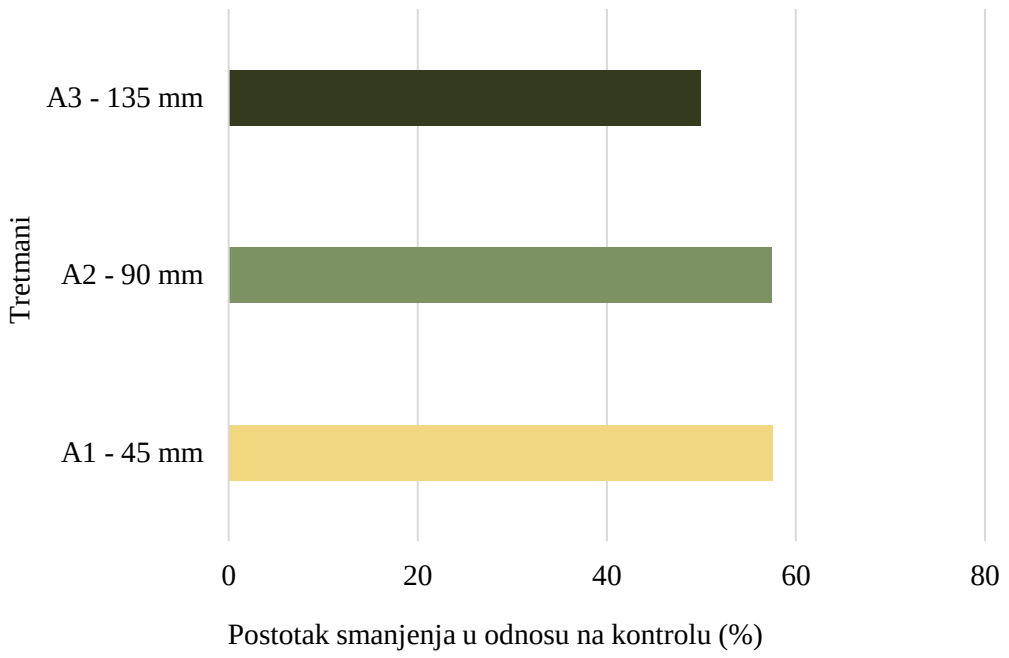
Grafikon 4. Usporedba vodenih ekstrakata salate iz različitih tretmana navodnjavanja (A1, A2, A3) (prosjek koncentracija) na duljinu korijena klijanaca rotkvice

4.3. Alelopatski utjecaj vodenih ekstrakata salate na duljinu izdanka klijanaca rotkvice

Vodeni ekstrakti pripremljeni od salate uzgajane pri različitim normama navodnjavanja u koncentracijama od 5 % i 10 % pokazali su statistički značajan negativni alelopatski utjecaj na duljinu izdanka klijanaca rotkvice (grafikon 5.). Najviše koncentracije svih vodenih ekstrakata salate potpuno su inhibirale duljinu izdanka klijanaca (100 %). Kao i kod klijavosti sjemena i duljine korijena, duljina izdanka klijanaca bila je u većoj mjeri snižena kod vodenih ekstrakata koncentracije 5 % pripremljenih od salate uzgajane pri dvije niže norme navodnjavanja i to za 83,5 % i 80,1 %, dok je vodeni ekstrakt koncentracije 5 % od salate uzgajane pri najvišoj normi navodnjavanja smanjio duljinu izdanka za 46,3 %.



Grafikon 5. Alelopatski utjecaj različitih koncentracija vodenih ekstrakata salate iz različitih tretmana navodnjavanja (A1, A2, A3) na duljinu izdanka klijanaca rotkvice

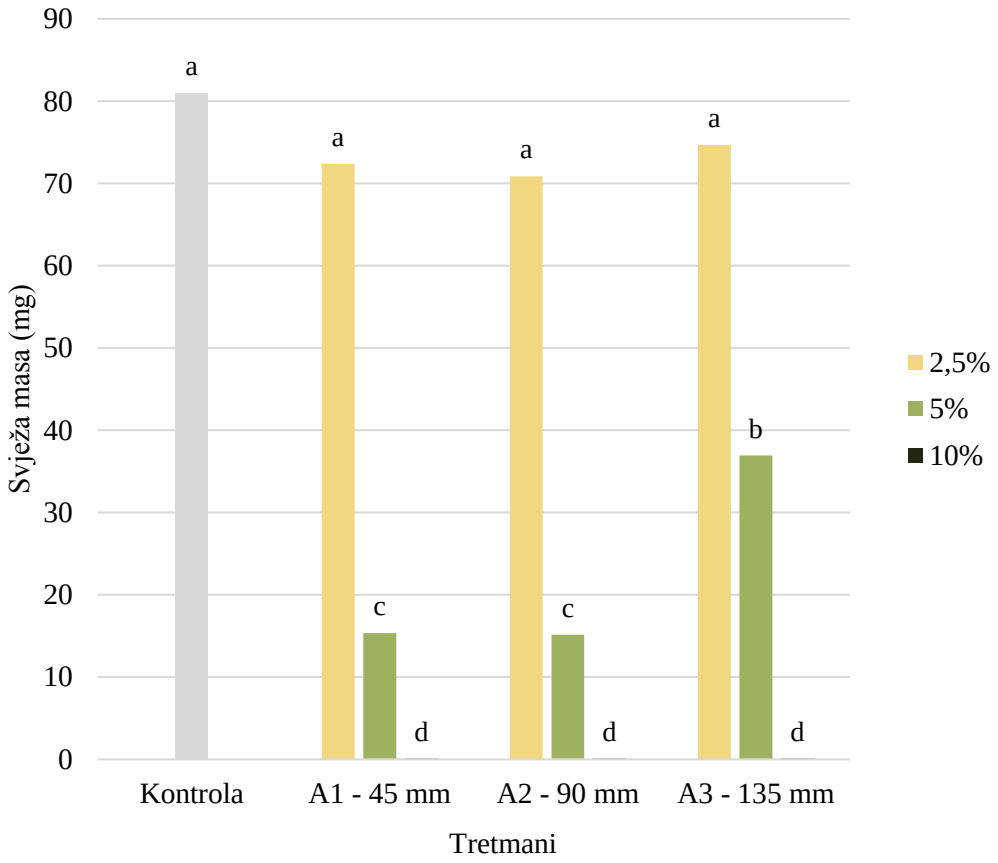


Grafikon 6. Usporedba vodenih ekstrakata salate iz različitih tretmana navodnjavanja (A1, A2, A3) (prosjek koncentracija) na duljinu izdanka klijanaca rotkvice

U prosjeku, vodeni ekstrakti salate uzgajane pri dvije niže norme navodnjavanja pokazali su jači inhibitorni utjecaj te smanjili duljinu izdanka za 57,5 % u odnosu na kontrolu (grafikon 6.). Slabiji alelopatski utjecaj zabilježen je u tretmanu s ekstraktom salate navodnjavane najvišom normom, te je smanjenje duljine izdanka iznosilo 49,9 %.

4.4. Alelopatski utjecaj vodenih ekstrakata salate na svježu masu klijanaca rotkvice

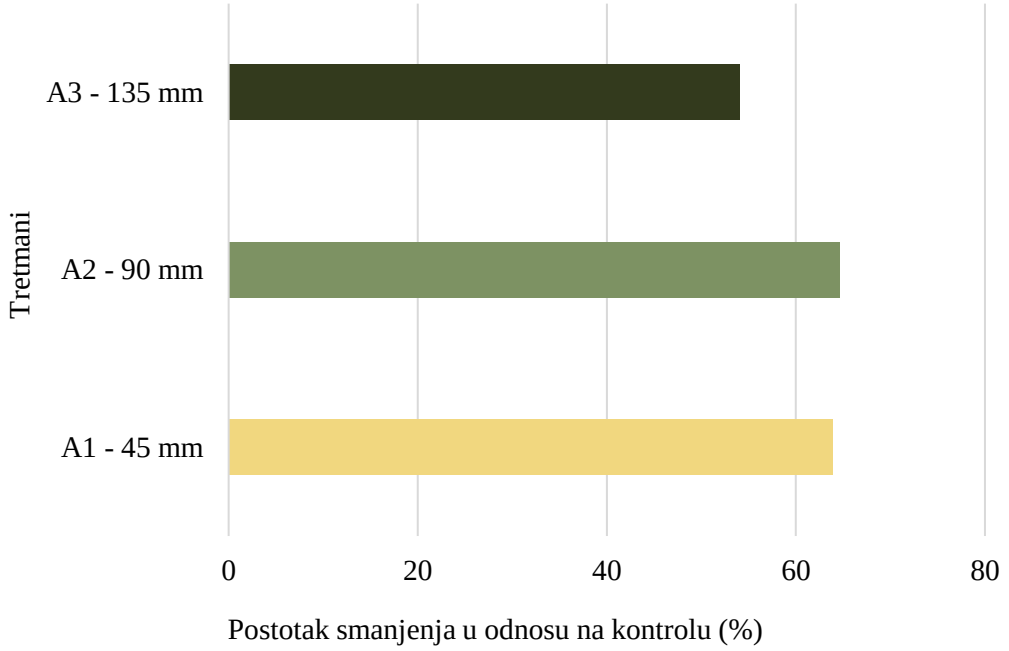
Svježa masa klijanaca rotkvice bila je pod značajnim alelopatskim utjecajem vodenih ekstrakata pripremljenih od salate uzgajane pri različitim normama navodnjavanja u koncentracijama od 5 % i 10 % (grafikon 7.). Slično djelovanju na duljinu izdanka klijanaca, svježa masa bila je u većoj mjeri snižena kod vodenih ekstrakata koncentracije 5 % pripremljenih od salate uzgajane pri dvije niže norme navodnjavanja i to za 81,0 % i 81,3 %, dok je vodeni ekstrakt koncentracije 5 % od salate uzgajane pri najvišoj normi navodnjavanja smanjio svježu masu za 54,4 %.



Grafikon 7. Alelopatski utjecaj različitih koncentracija vodenih ekstrakata salate iz različitih tretmana navodnjavanja (A1, A2, A3) na svježu masu klijanaca rotkvice

U prosjeku, vodeni ekstrakti salate uzgajane pri dvije niže norme navodnjavanja pokazali su jači inhibitorni utjecaj te smanjili svježu masu klijanaca za 63,9 % i 64,6 % u odnosu na kontrolu (grafikon 8.). Slabiji alelopatski utjecaj zabilježen je u tretmanu s ekstraktom salate

navodnjavane najvišom normom od 135 mm, te je smanjenje svježe mase klijanaca iznosilo za 54,1 %.



Grafikon 8. Usporedba vodenih ekstrakata salate iz različitih tretmana navodnjavanja (A1, A2, A3) (prosjek koncentracija) na svježu masu klijanaca rotkvice

5. Rasprava

Provedenim pokusom utvrđen je statistički značajan negativni alelopatski potencijal vodenih ekstrakata salate na klijavost sjemena i rast klijanaca rotkvice. Alelopatski potencijal ovisio je o koncentraciji vodenih ekstrakata te normi navodnjavanja odnosno utjecaju vodnog stresa na salatu. Chon i sur. (2005.) također su utvrdili alelopatski potencijal vodenih ekstrakata te suhih biljnih ostataka salate na rast lucerne i korovne vrste koštan. Autori navode da je alelopatski potencijal vodenih ekstrakata ovisio o sorti salate te koncentraciji ekstrakata, dok se povećanjem doze suhih biljnih ostataka povećavao i inhibitorni učinak na rast klijanaca koštana. HPLC analizom Chon i sur. (2003.) utvrdili su glavne alelokemikalije prisutne u salati i to kumarin, *trans*-cimetnu kiselinu, *o*-kumarinsku kiselinu, *p*-kumarinsku kiselinu i klorogenu kiselinu.

Povećanjem koncentracije vodenih ekstrakata povećavao se i negativni alelopatski utjecaj, pa su svi ekstrakti salate koncentracije 10 % pokazali potpuni inhibitorni učinak (100 %) na sve mjerene parametre. Više koncentracije vodenih ekstrakata najčešće pokazuju jače negativno djelovanje zbog prisutnosti veće koncentracije alelokemikalija (Norsworthy, 2003., Singh i sur., 2013., Ravlić, 2015.).

Utvrđen je utjecaj vodnog stresa odnosno normi navodnjavanja na alelopatski potencijal salate. Vodeni ekstrakti koncentracije 2,5 % i 10 %, iako su pokazali značajan alelopatski potencijal, nisu se statistički značajno međusobno razlikovali unutar koncentracije s obzirom na normu navodnjavanja. Međutim, vodeni ekstrakti koncentracije 5 % pripremljeni od salate uzgajane pri dvije niže norme navodnjavanja imali su gotovo podjednako inhibitorno djelovanje na duljinu korijena klijanaca kao i vodeni ekstrakt koncentracije 10 % pripremljen od salate uzgajane pri najvišoj normi navodnjavanja. Ipak, utjecaj norme navodnjavanja na alelopatski potencijal salate najvidljiviji je pri primjeni vodenih ekstrakata koncentracije 5 %, s obzirom da su vodeni ekstrakti pripremljeni od salate uzgajane pri dvije niže norme navodnjavanja od 45 mm i 90 mm imali statistički značajno jače inhibitorno djelovanje od ekstrakata salate uzgajane pri normi navodnjavanja od 135 mm na sve mjerene parametre. Vodni stres osim što utječe na rast biljaka također potiče proizvodnju alelokemikalija u biljkama (Einhellig, 1995.). Motamedi i sur. (2016.) također navode da biljni ostatci šafranike uzgajane u uvjetima stresa izazvanog nedostatkom vode imaju jači inhibitorni potencijal u odnosu na biljne ostatke navodnjavane šafranike. Prema Tongma i sur. (2001.) vodni stres utjecao je na fitotoksičnu aktivnost vodenih ekstrakata meksičkog suncokreta.

Vodeni ekstrakti od različitih dijelova meksičkog suncokreta uzgajanog pri nižoj vlažnosti tla značajno su smanjili duljinu korijena i izdanka klijanaca riže u odnosu na vodene ekstrakte od biljnih dijelova meksičkog suncokreta uzgajanog pri većoj vlažnosti tla. Autori prema tome zaključuju da je sadržaj alelokemikalija po suhoj masi u svim dijelovima meksičkog suncokreta bio viši pod uvjetima vodnog stresa nego u nedostatku vodnog stresa.

Vodeni ekstrakti u prosjeku su imali najveći negativni utjecaj na duljinu korijena, dok je duljina izdanka klijanaca bila pod najmanjim utjecajem. Duljina korijena klijanaca najčešće je pod jačim negativnim učinkom u odnosu na klijavost te duljinu izdanka i svježu masu klijanaca (Ravlić, 2015.) što je najčešće posljedica direktnog kontakta korijena s alelokemikalijama u odnosu na izdanak (Correia i sur., 2005., Kalinova i sur., 2012., Ravlić i sur., 2014.). Chon i sur. (2003.) također su utvrdili potpuno smanjenje duljine korijena klijanaca lucerne u tretmanu s vodenim ekstraktom salate, dok je duljina izdanka klijanaca bila pod manjim utjecajem.

6. Zaključak

Na osnovi rezultata istraživanja utjecaja vodnog stresa odnosno različitih normi navodnjavanja na alelopatski potencijal salate doneseni su sljedeći zaključci:

- Vodeni ekstrakti pripremljeni od salate uzgajane pri različitim normama navodnjavanja pokazali su statistički značajan alelopatski utjecaj na klijavost i rast klijanaca rotkvice.
- Povećanjem koncentracije vodenih ekstrakata povećao se negativni alelopatski utjecaj na sve mjerene parametre.
- Klijavost sjemena rotkvice bila je snižena u svim istraživanim tretmanima od 23,3 % do 100 % u odnosu na kontrolni tretman.
- Dokazan je statistički značajan negativni alelopatski utjecaj na duljinu korijena klijanaca rotkvice u svim istraživanim koncentracijama i pri različitim normama navodnjavanja. Neovisno o koncentraciji, vodeni ekstrakti salate uzgajane pri svim normama navodnjavanja smanjili su duljinu korijena u odnosu na kontrolu od 74,6 % do 78 %.
- Vodeni ekstrakti salate uzgajane pri dvije niže norme navodnjavanja pokazali su jači inhibitorni utjecaj te smanjili duljinu izdanka za 57,5 % u odnosu na kontrolu. Slabiji alelopatski utjecaj zabilježen je u tretmanu s ekstraktom salate navodnjavane najvišom normom, te je smanjenje duljine izdanka iznosilo za 49,9 %.
- Slično djelovanju na duljinu izdanka klijanaca, svježa masa bila je u većoj mjeri snižena kod vodenih ekstrakata koncentracije 5 % pripremljenih od salate uzgajane pri dvije niže norme navodnjavanja i to za 81,0 % i 81,3 %, dok je vodeni ekstrakt koncentracije 5 % od salate uzgajane pri najvišoj normi navodnjavanja smanjio svježu masu za 54,4 %.
- Vodeni ekstrakti koncentracije 5% razlikovali su se u svom alelopatskom potencijalu, pa je vodeni ekstrakt pripremljen od salate uzgajane pri najvišoj normi navodnjavanja od 135 mm imao slabiji alelopatski utjecaj na sve mjerene parametre od ekstrakata salate navodnjavane s dvije niže norme od 45 mm i 90 mm vode.

7. Popis literature

1. Abbas, T., Tanveer, A., Khaliq, A., Safdar, M.E., Nadeem, M.A. (2014.): Allelopathic effects of aquatic weeds on germination and seedling growth of wheat. Herbologia, 14(2): 12-25.
2. Alam, S.M., Ala, S.A., Azmi, A.R., Khan, M.A., Ansari, R. (2001.): Allelopathy and its Role in Agriculture. Journal of Biological Sciences, 1(5): 308-315.
3. Albuquerque, M.B., dos Santos, R.C., Lima, L.M., de Albuquerque, M.F.P., Custodio, N.R.J.M., da Camara, C.A.G., de Rezende, R.A. (2011.): Allelopathy, an alternative tool to improve cropping systems. A review. Agronomy for Sustainable Development, 31: 379-395.
4. Bourgaud, F., Gravot, A., Milesi, S., Gontier, E. (2001.): Production of plant secondary metabolites: A historical perspective. Plant Science, 161: 839-851.
5. Chon, S.U., Jang, H.G., Kim, D.K., Kim, Y.M., Boo, H.O., Kim, Y.J. (2005.): Allelopathic potential in lettuce (*Lactuca sativa* L.) plants. Scientia Horticulturae, 106: 309-317.
6. Chon, S.U., Kim, Y.M., Lee, J.C. (2003.): Herbicidal potential and quantification of causative allelochemicals from several compositae weeds. Weed Research, 43: 444-450.
7. Chon, S.U., Nelson, C.J. (2009.): Allelopathy in Compositae plants. A review, Agronomy for Sustainable Development, 30: 349-358.
8. Correia, N.M., Centurion, M.A.P.C., Alves, P.L.C.A. (2005.): Influence of sorghum aqueous extracts on soybean germination and seedling development. Ciência Rural, 35(3): 498-503.
9. Dayan, F.E., Romagni, J.G., Duke, S.O. (2000.): Investigation of the mode of action of natural phytotoxins. Journal of Chemical Ecology, 26: 2079-2094.
10. Einhellig, F.A. (1995.): Interactions involving allelopathy in crop-ping systems. Agronomy Journal, 88(6): 886–893.
11. Fennimore, S.A., Umeda, K. (2003.): Weed control in glyphosate – tolerant lettuce (*Lactuca sativa* L.). Weed Technology, 17: 738-746.
12. Ferguson, J.J., Rathinasabapathi, B., Chase, C.A. (2009.): Allelopathy: how plants suppress other plants. University of Florida, Gainsville.
13. Friedjung, A.Y., Choudhary, P.S., Dudai, N., Rachmilevitch, S. (2013.): Physiological Conjunction of Allelochemicals and Desert Plants, Plos ONE, 8(12): 1-14.

14. Ghafari, Z., Karimmojeni, H., Majidi, M.M., Naderi, B. (2018.): Assessment of the Allelopathic Potential of Cumin Accessions in Different Soil Water Potential. Journal of Crop Science and Biotechnology, 21: 249-260.
15. Haar, M.J., Fennimore, S.A. (2003.): Evaluation of integrated practices for common purslane (*Portulaca oleracea*) management in lettuce (*Lactuca sativa* L.). Weed Technology, 17: 229-233.
16. Ilić, S. (2018.): Utjecaj navodnjavanja i sorte na prinos i kvalitetu salate (*Lactuca sativa* L.). Diplomski rad. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Osijek. p. 50.
17. Jassey, V.E.J., Chiapusio, G., Gilbert, D., Buttler, A., Toussaint, M.L., Binet, P. (2011.): Experimental climate effect on seasonal variability of poly phenol/phenol oxidase interplay along a narrow fen-bog ecological gradient in *Sphagnum fallax*. Global Change Biology, 17: 2945-2957.
18. Kalinova, S., Golubinova, I., Hristoskov, A., Ilieva, A. (2012.): Allelopathic effect of aqueous extract from root system of johnsongrass on the seed germination and initial development of soybean, pea and vetch. Herbologia, 13(1): 1-10.
19. Khanh, D.T., Anh, L.H., Nghia, L.T., Trung, K.H., Hien, P.B., Trung, D.M., Xuan, T.D. (2018.): Allelopathic Responses of Rice Seedlings under Some Different Stresses. Plants, 7(2): 40.
20. Khanh, D.T., Hong, N.H., Xuan, T.D., Chung, I.M. (2005.): Paddy weed control by medicinal and leguminuos plants from Southeast Asia. Crop Protection, 24: 421-431.
21. Kotzamani, A., Vasilakoglou, I., Dhima, K., Moulas, A.N., Valou, M., Stefanou, S. (2020.): Impact of Soil Salinity on Barley Allelopathic Potential and Main Secondary Metabolites Gramine and Hordenine. Journal of Plant Growth Regulation. doi: https://doi.org/10.1007/s00344-020-10084-6
22. Latif, S., Chiapusio, G., Weston, L.A. (2017.): Allelopathy and the role of allelochemicals in plant defences. In Advances in Botanical Research, How Plants Communicate with Their Biotic Environment, Becard, G. Ed., Academic Press: Cambridge, MA, USA. 82: 384 p.
23. Medina-Villar, S., Uscola, M., Perez-Corona, E., Jacobs, D.F. (2020.): Environmental stress under climate change reduces plant performance, yet increases allelopathic potential of an invasive shrub. Biological Invasions, 22: 2859-2881.

24. Motamedi, M., Karimmojeni, H., Sini, F.G. (2016.): Evaluation of allelopathic potential of safflower genotypes (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Plant Protection Research, 56(4): 364-371.
25. Norsworthy, J. K. (2003.): Allelopathic potential of wild radish (*Raphanus raphanistrum*). Weed Technology, 17: 307-313.
26. Patra, B., Schluttenhofer, C., Wu, Y., Pattanaik, S., Yuan, L. (2013.): Transcriptional regulation of secondary metabolite biosynthesis in plants. Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Gene Regulatory Mechanisms, 1829: 1236-1247.
27. Putnam, A.R., Tang, C.S. (1986.): Allelopathy: state of science. U: The Science of Allelopathy. Putnam, A.R., Tang, C.S. (ur.). John Wiley & Sons, New York, USA. pp. 43-56.
28. Putten, W.H., Bardgett, R.D., Bever, J.D., Bezemer, T.M., Casper, B.B., Fukami, T., Schweitzer, J.A. (2013.): Plant soil feedbacks: The past, the present and future challenges. Journal of Ecology, 101: 265-276.
29. Qasem, J.R., Foy, C.L. (2001.): Weed allelopathy, its ecological impacts and future prospects. Food products press, New York, pp. 43-119.
30. Ravlić, M. (2015.): Alelopatsko djelovanje nekih biljnih vrsta na rast i razvoj usjeva i korova. Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet Osijek.
31. Ravlić, M., Baličević, R., Lucić, I. (2014.): Allelopathic effect of parsley (*Petroselinum crispum* Mill.) cogermination, water extracts and residues on hoary cress (*Lepidium draba* (L.) Desv.). Poljoprivreda, 20(1): 22-26.
32. Rice, E.I. (1984.): Allelopathy, 2nd ed. Academic Press, New York, 422 p.
33. Rizvi, S.J.H., Rizvi, V. (1992.): Allelopathy: Basic and applied aspects. Chapman & Hall, London. 480.
34. Santos, B.M., Dusky, J.A., Stall, W.M., Bewick, T.A., Shilling, D.G. (2003.): Mechanisms of interference of smooth pigweed (*Amaranthus hybridus*) and common purslane (*Portulaca oleracea*) on lettuce as influenced by phosphorus fertility. Weed Science, 52: 78-82.
35. Seigler, D.S. (1998.): Plant Secondary Metabolism. Chapman and Hall: Boston, MA, USA., 711 p.
36. Siddiqui, S., Bhardwaj, S., Khan, S.S., Meghvanshi, M. K. (2009.): Allelopathic effect of different concentration of water extract of *Prosopsis juliflora* leaf on seed

germination and radicle length of wheat (*Triticum aestivum* Var-Lok-1). American-Eurasian Journal of Scientific Research, 4(2): 81-84.

37. Silveira, L.P., Feijo, A.R., Benetti, C., Refatti, J.P., Fipke, M.V., Camargo, E.R., Ziska, L.H., Avila, L.A. (2019.): Elevated CO2 Concentrations and Water Stress Affect the Ability of Italian Ryegrass to Remediate Herbicides and Enhance its Allelopathic Effect. Planta Daninha, 37: 1-8.
38. Singh, N.B., Kumar, S., Singh, D., Yadav, K. (2013.): Allelopathic effects of different phenological stages of *Cassia occidentalis* L. on *Parthenium hysterophorus* L. Iranian Journal of Plant Physiology, 3(4): 817-828.
39. Tang, C.S., Cai, W.F., Kohl, K., Nishimoto, R.K. (1995.): Plant stress andallelopathy. U: Allelopathy: Organisms, Processes, and Applications (ur. Inderjit, Dakshini, K.M.M., Einhellig F.A.), American Chemical Society Washington, pp. 142–157.
40. Tanveer, A., Rehman, A., Javaid, M.M., Abbas, R.N., Sibtain, M., Ahmad, A.U.H., Ibin-i-zamir, M.S., Chaudhary, K.M., Aziz, A. (2010.): Allelopathic potential of Euphorbia helioscopia L. against wheat (*Triticum aestivum* L.), chickpea (*Cicer arietinum* L.) and lentil (*Lens culinaris* Medic.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 34: 75-81.
41. Tongma, S., Kobayashi, K., Usui, K. (2001.): Allelopathic activity of Mexican sunflower [*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray] in soil under natural field conditions and different moisture conditions. Weed Biology and Management, 1(2): 115-119.
42. Wang, R.I., Xia, W.N., Liu, S.W., Qin, Z., Liang, K.M., Su, Y.J., Zhang, J.E. (2016.): Effects of water stress on the growth and allelopathic potential of invasive plant *Mikania micrantha* H.B.K. Allelopathy Journal, 39(2): 143-154.
43. Weston, L.A., Mathesius, U. (2013.): Flavonoids: Their structure, biosynthesis and role in the rhizosphere, including allelopathy. Journal of Chemical Ecology, 39: 283-297.

8. Sažetak

Cilj rada bio je utvrditi utjecaj vodnog stresa odnosno različitih normi navodnjavanja na alelopatski potencijal salate (*Lactuca sativa* L.). Pokus je proveden u Petrijevim zdjelicama, a alelopatski potencijal vodenih ekstrakata pripremljenih od listova salate uzgajane pri različitim normama navodnjavanja (45 mm, 90 mm i 135 mm) testiran je u tri koncentracije (2,5 %, 5 % i 10 %) na klijavost sjemena i rast klijanaca rotkvice. Alelopatski utjecaj procijenjen je na sljedeće parametre: klijavost sjemena, duljinu korijena i izdanka, te svježu masu klijanaca rotkvice. Rezultati su pokazali statistički značajan negativni alelopatski potencijal vodenih ekstrakata salate na klijavost sjemena i rast klijanaca rotkvice. Alelopatski potencijal ovisio je o koncentraciji vodenih ekstrakata te normi navodnjavanja odnosno utjecaju vodnog stresa na salatu. Povećanjem koncentracije vodenih ekstrakata povećavao se i negativni alelopatski utjecaj, pa su svi ekstrakti salate koncentracije 10 % pokazali potpuni inhibitorni učinak (100 %) na sve mjerene parametre. Također, utvrđen je utjecaj vodnog stresa odnosno normi navodnjavanja na alelopatski potencijal salate. Utjecaj norme navodnjavanja na alelopatski potencijal salate najvidljiviji je pri primjeni vodenih ekstrakata koncentracije 5 %, s obzirom da su vodeni ekstrakti pripremljeni od salate uzgajane pri dvije niže norme navodnjavanja od 45 mm i 90 mm imali statistički značajno jače inhibitorno djelovanje od ekstrakata salate uzgajane pri normi navodnjavanja od 135 mm na sve mjerene parametre.

Ključne riječi: alelopatija, vodni stres, norma navodnjavanja, salata (*Lactuca sativa* L.), rotkvica, koncentracija

9. Summary

The aim of this study was to determine the influence of water stress i.e. different irrigation norms on the allelopathic potential of lettuce (*Lactuca sativa* L.). The experiment was conducted in Petri dishes, and the allelopathic potential of water extracts prepared from lettuce grown at three different irrigation norms (45 mm, 90 mm and 135 mm) was tested in three concentrations (2.5%, 5% and 10%) on seed germination and seedling growth of radish. Allelopathic effect of water extracts was evaluated on the following parameters: seed germination, root and shoot length and fresh mass of radish seedlings. The results showed a statistically significant negative allelopathic potential of lettuce water extracts on seed germination and seedling growth of radish. The allelopathic potential depended on the concentration of water extracts and the irrigation norms i.e. the effect of water stress on lettuce. By increasing the concentration of water extracts, the negative allelopathic effect also increased, so that all lettuce extracts with a concentration of 10% showed a complete inhibitory effect (100%) on all measured parameters. Also, the influence of water stress and irrigation norms on the allelopathic potential of lettuce was determined. The influence of the irrigation norms on the allelopathic potential of lettuce was most visible when using water extracts in 5% concentration, since water extracts prepared from lettuce grown at two lower irrigation norms of 45 mm and 90 mm had a statistically significantly stronger inhibitory effect than extracts from lettuce grown at irrigation norm of 135 mm on all measured parameters.

Key words: allelopathy, water stress, irrigation norm, lettuce (*Lactuca sativa* L.), radish, concentration

10. Popis slika

Red. br. **Naziv slike** **Str.**

Slika 1. Sjeme rotkvice korišteno u pokusu 10

Slika 2. Pokus u Petrijevim zdjelicama s vodenim ekstraktima salate uzgajane pri različitim normama navodnjavanja (A1, A2, A3) u tri različite koncentracije (2,5 %, 5 %, 10 %) 11

Slika 3. Alelopatski utjecaj različitih koncentracija vodenih ekstrakata salate uzgajane pri najnižoj normi navodnjavanja (45 mm) na klijavost sjemena rotkvice 14

Slika 4. Alelopatski utjecaj vodenih ekstrakata salate iz različitih tretmana navodnjavanja (A1, A2, A3) koncentracije 5 % na klijavost sjemena rotkvice 14

Slika 5. Alelopatski utjecaj vodenih ekstrakata salate iz različitih tretmana navodnjavanja (A1, A2, A3) koncentracije 10 % na klijavost sjemena rotkvice 15

11. Popis grafikona

Red. br.	Naziv grafikona	Str.
Grafikon 1.	Alelopatski utjecaj različitih koncentracija vodenih ekstrakata salate iz različitih tretmana navodnjavanja (A1, A2, A3) na klijavost sjemena rotkvice	13
Grafikon 2.	Usporedba vodenih ekstrakata salate iz različitih tretmana navodnjavanja (A1, A2, A3) (prosjek koncentracija) na klijavost sjemena rotkvice	15
Grafikon 3.	Alelopatski utjecaj različitih koncentracija vodenih ekstrakata salate iz različitih tretmana navodnjavanja (A1, A2, A3) na duljinu korijena klijanaca rotkvice	17
Grafikon 4.	Usporedba vodenih ekstrakata salate iz različitih tretmana navodnjavanja (A1, A2, A3) (prosjek koncentracija) na duljinu korijena klijanaca rotkvice	18
Grafikon 5.	Alelopatski utjecaj različitih koncentracija vodenih ekstrakata salate iz različitih tretmana navodnjavanja (A1, A2, A3) na duljinu izdanka klijanaca rotkvice	19
Grafikon 6.	Usporedba vodenih ekstrakata salate iz različitih tretmana navodnjavanja (A1, A2, A3) (prosjek koncentracija) na duljinu izdanka klijanaca rotkvice	20
Grafikon 7.	Alelopatski utjecaj različitih koncentracija vodenih ekstrakata salate iz različitih tretmana navodnjavanja (A1, A2, A3) na svježu masu klijanaca rotkvice	21
Grafikon 8.	Usporedba vodenih ekstrakata salate iz različitih tretmana navodnjavanja (A1, A2, A3) (prosjek koncentracija) na svježu masu klijanaca rotkvice	22

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku **Diplomski rad**
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
Sveučilišni diplomski studij Bilinogojstvo, smjer Zaštita bilja

Utjecaj vodnog stresa na alelopatski potencijal salate (*Lactuca sativa* L.)

Matej Mijić

Sažetak

Cilj rada bio je utvrditi utjecaj vodnog stresa odnosno različitih normi navodnjavanja na alelopatski potencijal salate (*Lactuca sativa* L.). Pokus je proveden u Petrijevim zdjelicama, a alelopatski potencijal vodenih ekstrakata pripremljenih od listova salate uzgajane pri različitim normama navodnjavanja (45 mm, 90 mm i 135 mm) testiran je u tri koncentracije (2,5 %, 5 % i 10 %) na klijavost sjemena i rast klijanaca rotkvice. Alelopatski utjecaj procijenjen je na sljedeće parametre: klijavost sjemena, duljinu korijena i izdanka, te svježu masu klijanaca rotkvice. Rezultati su pokazali statistički značajan negativni alelopatski potencijal vodenih ekstrakata salate na klijavost sjemena i rast klijanaca rotkvice. Alelopatski potencijal ovisio je o koncentraciji vodenih ekstrakata te normi navodnjavanja odnosno utjecaju vodnog stresa na salatu. Povećanjem koncentracije vodenih ekstrakata povećavao se i negativni alelopatski utjecaj, pa su svi ekstrakti salate koncentracije 10 % pokazali potpuni inhibitorni učinak (100 %) na sve mjerene parametre. Također, utvrđen je utjecaj vodnog stresa odnosno normi navodnjavanja na alelopatski potencijal salate. Utjecaj norme navodnjavanja na alelopatski potencijal salate najvidljiviji je pri primjeni vodenih ekstrakata koncentracije 5 %, s obzirom da su vodeni ekstrakti pripremljeni od salate uzgajane pri dvije niže norme navodnjavanja od 45 mm i 90 mm imali statistički značajno jače inhibitorno djelovanje od ekstrakata salate uzgajane pri normi navodnjavanja od 135 mm na sve mjerene parametre.

Rad je izrađen pri: Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Mentor: doc. dr. sc. Marija Ravlić

Broj stranica: 33
Broj grafikona i slika: 13
Broj tablica: -
Broj literaturnih navoda: 43
Broj priloga: -
Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: alelopatija, vodni stres, norma navodnjavanja, salata (*Lactuca sativa* L.), rotkvica, koncentracija

Datum obrane: 25.09.2020.

Stručno povjerenstvo za obranu:
1. prof. dr. sc. Renata Baličević, predsjednik
2. doc. dr. sc. Marija Ravlić, mentor
3. doc. dr. sc. Monika Marković, član

Rad je pohranjen u: Knjižnica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku, Sveučilište u Osijeku, Vladimira Preloga 1.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek **Graduate thesis**
Faculty of Agrobiotechnical Sciences
University Graduate Studies, Plant Production, course Plant protection

Effect of water stress on allelopathic potential of lettuce (*Lactuca sativa* L.)

Matej Mijić

Abstract

The aim of this study was to determine the influence of water stress i.e. different irrigation norms on the allelopathic potential of lettuce (*Lactuca sativa* L.). The experiment was conducted in Petri dishes, and the allelopathic potential of water extracts prepared from lettuce grown at three different irrigation norms (45 mm, 90 mm and 135 mm) was tested in three concentrations (2.5%, 5% and 10%) on seed germination and seedling growth of radish. Allelopathic effect of water extracts was evaluated on the following parameters: seed germination, root and shoot length and fresh mass of radish seedlings. The results showed a statistically significant negative allelopathic potential of lettuce water extracts on seed germination and seedling growth of radish. The allelopathic potential depended on the concentration of water extracts and the irrigation norms i.e. the effect of water stress on lettuce. By increasing the concentration of water extracts, the negative allelopathic effect also increased, so that all lettuce extracts with a concentration of 10% showed a complete inhibitory effect (100%) on all measured parameters. Also, the influence of water stress and irrigation norms on the allelopathic potential of lettuce was determined. The influence of the irrigation norms on the allelopathic potential of lettuce was most visible when using water extracts in 5% concentration, since water extracts prepared from lettuce grown at two lower irrigation norms of 45 mm and 90 mm had a statistically significantly stronger inhibitory effect than extracts from lettuce grown at irrigation norm of 135 mm on all measured parameters.

Thesis performed at: Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

Mentor: PhD Marija Ravlić, Assistant Professor

Number of pages: 33
Number of figures: 13
Number of tables: -
Number of references: 43
Number of appendices: -
Original in: Croatian

Key words: allelopathy, water stress, irrigation norm, lettuce (*Lactuca sativa* L.), radish, concentration

Thesis defended on date: 25th September 2020

Reviewers:
1. PhD Renata Baličević, Full Professor, chair
2. PhD Marija Ravlić, Assistant Professor, mentor
3. PhD Monika Marković, member

Thesis deposited at: Library, Faculty of Agrobiotechnical Sciences in Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Vladimira Preloga 1.