

Sveučilište u Zagrebu

Agronomski fakultet

Martina Stvorić, univ. bacc. ing. agr., Leon Slaven Šušnjar, univ. bacc. ing. agr., Tin Bulić,
Mateo Kovač, univ. bacc. ing. agr., Mateja Pišonić, Karlo Tot, Luka Keran,
Andrijana Oreški, univ. bacc. ing. agr., Ema Bubalo, Silvija Martinčić, univ. bacc. ing. agr.,
Laura Pavić, Dasen Višić, univ. bacc. ing. agr., Igor Petriško, univ. bacc. ing. agr.

**Alelopatski utjecaj invazivnih drvenastih vrsta
Reynoutria japonica Houtt. i *Ailanthus altissima*
(Mill.) Swingle na klijanje i početni rast korovnih
vrsta *Ambrosia artemisiifolia* L. i
Echinochloa crus-galli L. (P. Beauv.)**

Zagreb, 2023.

Ovaj rad izrađen je na Sveučilištu u Zagrebu, Agronomskom fakultetu, na Zavodu za herbologiju u sklopu znanstvene sekcije izvannastavne aktivnosti “*Čudesni svijet korova*” pod vodstvom dr. sc. Valentine Šoštarčić i predan je na natječaj za dodjelu Rektorove nagrade u akademskoj godini 2022/2023.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. HIPOTEZE I CILJEVI ISTRAŽIVANJA	5
3. MATERIJALI I METODE RADA	6
3. 1. Sakupljanje i priprema sjemena test vrsta - <i>Ambrosia artemisiifolia</i> i <i>Echinochloa crus-galli</i> ..	6
3. 2. Utvrđivanje klijavosti test vrsta - <i>Ambrosia artemisiifolia</i> i <i>Echinochloa crus-galli</i>	7
3. 3. Sakupljanje i priprema dijelova donor vrsta – <i>Reynoutria japonica</i> i <i>Ailanthus altissima</i>	8
3. 4. Utvrđivanje alelopatskog utjecaja vodenih ekstrakata donor biljaka na testne vrste	9
3. 5. Statistička obrada podataka.....	11
4. REZULTATI RADA	12
4. 1. Preliminarni test klijavosti i odabir populacije	12
4. 2. Utjecaj vodenih ekstrakata donor vrsta (<i>Reynoutria japonica</i> i <i>Ailanthus altissima</i>) na početni rast i razvoj korovne test vrste <i>Ambrosia artemisiifolia</i>	14
4. 3. Utjecaj vodenih ekstrakata donor vrsta (<i>Reynoutria japonica</i> i <i>Ailanthus altissima</i>) na početni rast i razvoj korovne test vrste <i>Echinochloa crus-galli</i>	20
5. RASPRAVA.....	26
6. ZAKLJUČCI.....	29
7. ZAHVALE.....	30
9. POPIS LITERATURE	32
9. SAŽETAK	39
10. SUMMARY	40

1. UVOD

Alelopatija u biljnom svijetu predstavlja kompleksni mehanizam prilikom kojeg biljke luče aktivne kemijske spojeve (alelokemikalije) koje na druge biljke mogu imati inhibirajuće ili poticajno djelovanje (Belz i sur., 2005.). U ovoj interakciji uvijek sudjeluju dvije biljne vrste: **donor** i **akceptor**. Donor je biljna vrsta koja otpušta alelokemikalije, a akceptor (test vrsta ili receptor) biljna vrsta na koju se testira učinak alelokemikalije (Wu i sur., 2001.). Prema strukturalnim razlikama i svojstvima alelokemikalije su najčešće organske kiseline topive u vodi, alifatski aldehidi, ravnolančani alkoholi i ketoni, poliacetilen i dugolančane masne kiseline, jednostavni nezasićeni laktoni, kinini (benzokinon, složeni kinini i antrakinon), cimetna kiselina i derivati iste, kumarini, fenoli, tanini, flavonoidi, terpenoidi i steroidi (Reigosa i sur., 1999.; Mushtaq i sur., 2018.). Alelokemikalije mogu biti prisutne u svim biljnim dijelovima: listovima, stabljici, korijenju, rizomima, cvjetovima i/ili cvatovima, peludi, plodovima i sjemenkama (An i sur., 1998.). Iz biljke se oslobađaju: u obliku plinova koji se oslobađaju iz listova, ispiranjem s lišća ili stabljike za vrijeme kiše, rose, magle i snijega. Akceptor biljke ove alelokemikalije upijaju putem korijena, razgradnjom biljnih ostataka, pri čemu alelokemikalije dospijevaju u rizosferu nakon odumiranja i raspadanja lišća ili drugih organa (Albuquerque, 2010.; Zeman i sur., 2011.).

Alelopatija ima značajan utjecaj na poljoprivrednu proizvodnju. Uključivanjem alelopatičkih biljaka u plodored ili zaoravanjem njihovih ostataka kao zelene gnojide direktno se utječe i na potiskivanje korova. Alelopatički utjecaj ovisi o gustoći donor vrste, odnosno dozi (koncentraciji) alelokemikalija koje donor vrsta otpušta te o gustoći test vrsta (Wu i sur., 2001.; Weidenhamer, 2008.). Značaj alelokemikalija je u tome što one mogu utjecati na promjenu sastava korovne flore, na rast i prinos usjeva te se potencijalno mogu koristiti kao mjera borbe protiv korova (Singh i sur., 2001.). Dodatan je bonus što su alelokemikalije, poput drugih prirodnih biljnih proizvoda, biorazgradive i ekološki prihvatljive (Duke i sur., 2000.) Ekološka i toksikološka svojstva alelokemikalija često su sigurnija od sintetski proizvedenih herbicidnih pripravaka (Duke i sur., 2002.).

Alelopatička svojstva pokazuju i neke invazivne biljne vrste. Smatra se da ove biljne vrste svoju invazivnost na novom teritoriju velikim dijelom postižu upravo lučeći alelokemikalije koje potiskuju ostale biljne vrste (Kalisz i sur., 2021.). Upravo bi se ovaj alelopatički učinak invazivnih vrsta (Heisey, 1990a.; Vrchotová i Šerá, 2008.) kao potencijalnih **donor vrsta** mogao iskoristiti kao mjera biološkog suzbijanja korova. Naime, zabilježeni su dobri rezultati u istraživanjima alelopatičkog utjecaja *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle na neke vrste poput *Lepidium sativum* L. (Heisey, 1990a.), *Verbesina occidentalis* L. (Walter) i *Dipsacus fullonum* L. (Small i sur., 2010.), *Setaria pumila* (Poir.) Roem & Schult. i *Amaranthus retroflexus* L. (Novak i sur., 2021.), pri čemu je inhibirano klijanje tih vrsta. Iz sličnih istraživanja poznat je dobar alelopatički inhibitorni učinak vrste *Reynoutria japonica* Houtt. na

test vrste *Avena sativa* L. , *Brassica napus* L. subsp. *oleifera* Metzg. i *Helianthus annuus* L. (Novak i sur., 2018.) i *Sinapis alba* L. (Vrchotová i Šerá, 2008.).

Žljezdasti pajasen (*Ailanthus altissima*) je brzorastuća višegodišnja drvenasta biljna vrsta (Heisey, 1996.) iz porodice Simaroubaceae (gorkuničevke). U Republici Hrvatskoj proširio se 1970-ih godina kao vrsta za sanaciju klizišta te kao ukrasna vrsta, a danas je jedna od najagresivnijih i najraširenijih invazivnih vrsta (Novak i Kravaršćan, 2014.). Deblo žljezdastog pajasena može doseći visinu 27 do 30 metara u umjerenoj klimatskoj zoni (Lauche, 1936.). Listovi su veliki, neparno perasto složeni, blago prekriveni dlačicama ili potpuno goli s valjkastim peteljkama koje su u bazi proširene. Liske su ovalno lancetaste i mogu biti poredane simetrično ili asimetrično na peteljci (Hu, 1979.). Listovi su svojom veličinom i brojem liski vrlo varijabilni, a najčešća veličina lista po mnogim autorima je od 0,6 do 1,0 m (Hunter, 2000.). Žljezdasti pajasen je dvodomna vrsta koja ima žuto-zelene terminalne cvatove. Muški cvatovi su veći i sadrže više cvjetova nego ženski (Hu, 1979.). Plod je samara ili krilatka sa spiralno zavijenim krilcem, a sjemenka je smještena u središnjem dijelu krilca, a širi se vodom i vjetrom. Sjeme ne sadrži endosperm već kotiledone obogaćene uljima (Little, 1974.). Osim generativnog razmnožavanja (plodovima) žljezdasti pajasen uspješno se širi i vegetativno podzemnim podacima, adventivnim pupovima i fragmentima korijena (Nikolić i sur., 2014.). Podanak može biti problematičan jer može dovesti do prekomjerne naseljenosti pajasena i njegove invazije na druga područja. Žljezdasti pajasen sadrži spoj ailanton, kvazinoide u korijenu, kori i listovima, a koji je karakterističan za porodicu Simaroubaceae. Vodene otopine biljnih organa (korijen, kora i list) žljezdastog pajasena pokazuju značajna alelopatska svojstva prema drugim biljnim vrstama, inhibirajući klijanje sjemena te sam rast biljke (Heisey, 1990a.; De Feo i sur., 2003.). Od svih kvazinoida izoliranih iz ove vrste, ailanton iskazuje najznačajnije alelopatsko djelovanje. (Heisey, 1997. a.).

Japanski dvornik (*Reynoutria japonica* Houtt.) je invazivna drvenasta vrsta iz porodice Polygonaceae (dvornika). Prirodno je rasprostranjen u istočnoj Aziji, na području Japana odakle se proširio na ostale dijelove svijeta (Desjardins i sur., 2023.). Vrsta je prvi put opisana 1777. godine, a podatak o prvoj živoj biljci u Europi pojavljuje se u 19. stoljeću. U to vrijeme je bila velika potražnja za egzotičnim biljnim vrstama, te ju je kao takvu njemački liječnik i zaljubljenik u botaniku Phillip von Siebold promovirao i prodavao diljem Europe (Del Tredici, 2017.). Japanski dvornik smatra se jednom od najštetnijih invazivnih korovnih vrsta na svijetu (Stefanowicz i sur., 2021.; Woch i sur., 2021.), a danas je prisutna na pet kontinenata: u Aziji, Europi, Sjevernoj i Južnoj Americi, te u Australiji. Smatra se da je ova vrsta u Hrvatsku stigla polovinom 20. stoljeća (Nikolić i sur., 2014.). Japanski dvornik je ruderalna vrsta s velikim negativnim utjecajem na okoliš (Maurel i sur., 2010.). Najčešće raste uz ceste, obale rijeka i na pašnjacima (Colleran i sur., 2020.). Riječ je o vrsti s izrazito snažnim podankom (Beerling i sur., 1994.) koji tijekom vremena odrveni i odeblja. Također brzo raste i može dosegnuti visinu i do četiri metra (Dorigo i sur., 2012.). Ima uspravne stabljike koje se pri vrhu granaju s izmjenično poredanim ovalnim listovima. Japanski dvornik ima bijeli metličasti cvat te biljka cvate od

srpnja do rujna (Beerling i sur., 1994.). Biljke su funkcionalno dvodomne, muške biljke nose cvjetove s reduciranim tučkom dok ženske biljke imaju cvjetove sa zakržljanim prašnicima. Japanski dvornik se razmnožava generativno i vegetativno, a oprašuju ga kukci te djelovanje vjetra (Nikolić i sur., 2014.). Iako je japanski dvornik sveprisutna invazivna korovna vrsta i negativno utječe na autohtoni biljni i životinjski svijet, zbog dijelova biljke koji sadrže alelokemikalije (Murrell i sur., 2011.; Tucker Serniak, 2016.), ponajviše podanci (Frantík i sur., 2013.; Šoln i sur., 2022.) – katehine i stilbene (Vrchotová i Šerá, 2008.), ova vrsta može doprinijeti alternativnom, biološkom suzbijanju korova.

Nova strategija Europske unije usvojena 2019. g. – Europski zeleni plan (*European Green Deal*) nalaže da se do 2030. g. broj aktivnih tvari smanji za 50 %, te da se do 2050. g. u potpunosti prekine upotreba pesticidnih pripravaka. Drugim riječima, pokušavaju se motivirati svi dionici poljoprivredne proizvodnje na kreiranje i korištenje alternativnih mjera suzbijanja štetnih organizama, kako bi prinosi i dalje ostali na željenoj razini. Jedan od potencijalnih alternativnih način suzbijanja korova jest primjena bioherbicida odnosno alelokemikalija.

Kukuruz je najraširenija ratarska kultura u Hrvatskoj u kojem su korovi ograničavajući čimbenici proizvodnje. Koštan (*Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv.) je najučestalija jednogodišnja monokotiledona vrsta, a ambrozija (*Ambrosia artemisiifolia* L.) najučestalija jednogodišnja dikotiledona vrsta u usjevu kukuruza, ali i ostalim okopavinskim kulturama (Šarić i sur., 2011).

Obični koštan ili kokošje proso (*Echinochloa crus-galli*) je biljka iz porodice trava (Poaceae) i pripada najštetnijim korovima na svijetu (Chauhan i Johnson, 2011.) zbog svoje superiorne biologije i mogućnosti ekološke prilagodbe (Bajwa i sur., 2015.). Izrazito je napasani korov jer zakorovljuje gotovo sve okopavinske kulture, a samo 18 jedinki/m² mogu umanjiti prinos kukuruza za 50 % (Kropff i sur. 1984). Uspješnost te vrste kao korova ogleda se u velikoj sjemenskoj proizvodnji (Norris, 1992a.), laganom širenju sjemena, izraženoj dormantnosti sjemena (Honěk i Martinková, 1996.), mogućnosti cvatnje pri različitim uvjetima fotoperiodizma te razvijanju biotipova rezistentnih na herbicide (Heap, 2023.) Koštan može narasti i do 150 cm visine (Norris, 1996.), razvija plitko čupavo korijenje (Rao, 2021.). Procjenjuje se da pojedinačne biljke proizvode od 30 000 do preko 200 000 sjemenki, s prosječno 100 000 sjemenki po biljci (Norris, 1992b.), koje zadržavaju klijavost i do 10 godina nakon sazrijevanja i koje se vrlo lako šire ljudskim aktivnostima, vodom, pticama i kukcima (Bitarafan i sur., 2022.). Rezistentnost koštana potvrđena je diljem svijeta na herbicide inhibitore ACC-aze (acetil koenzim A karboksilaze) i ALS inhibitore (inhibitore acetolaktat sintaze), odnosno inhibitore fotosinteze (Lopez-Martinez i sur., 1997.; Talbert i Burgos, 2007.; Iwakami i sur., 2015.).

Korovna vrsta *Ambrosia artemisiifolia* poznata kao ambrozija ili pelinolisni limundžik, jednogodišnja je zeljasta vrsta iz porodice Asteraceae (glavočike). Unesena je u Europu iz Sjeverne Amerike (Essl i sur., 2015.) zajedno sa sjemenom crvene djeteline i sjemenom žitarica (Afonin i sur., 2018.), a njezino širenje počelo je vjerojatno iz europskih luka (Makra i sur., 2005). Vrlo je konkurentna u rednim usjevima (kukuruz, suncokret, šećerna repa), povrtlarskim kulturama, uz puteve i na nepoljoprivrednim staništima. Ambrozija je terofitna biljka kratkog dana (Garner i Allard, 1920.) te

posjeduje visoku fenotipsku plastičnost na gustoću populacije i konkurenciju drugih biljaka (Brandes i Nitzsche, 2006.). Plod je roška veličine oko 3 mm, bez papusa s karakterističnim roščićem. Razmnožava se sjemenom koje može razviti dormantnost do 35 godina i više (Ostojić, 2005.). Sjemenska proizvodnja unutar jedne vegetacijske sezone iznosi od 1000-4000 sjemenki po biljci, ali može doseći i do 150 000 sjemenki (Adkins i sur., 2019.), koje ima izraženu dormantost (Kazinczi i sur., 2008.) i morfološki je veoma različito. Osim direktnih šteta koje uzrokuje (može uzrokovati gubitak prinosa do čak 80 %), česti problem je vjetrom nošen alergen – polen (Behrendt i Ring, 2012.), koji uzrokuje respiratorne smetnje kod velikog dijela ljudske populacije. Podaci navode da je 2020. g. čak 13,5 milijuna ljudi u Europi patilo od alergija izazvanih ambrozijom, što je uzrokovalo troškove od 7,4 milijarde eura godišnje (Schaffner i sur., 2020.). Procjenjuje se da je 10 % svjetskog stanovništva alergično na pelud ambrozije, a u Europi je svaka peta ili šesta osoba alergična na pelud ove biljne vrste (Vitanyi i sur., 2003.).

Uz težnju Europske unije za smanjenom uporabom herbicida, veliki problem proizvođačima predstavljaju rezistentne populacije korova. Upravo su na ove dvije vrste i u RH utvrđene rezistentne populacije na vodeću skupinu herbicida u usjevu kukuruza (ALS inhibitori), a što dodatno nalaže potrebu iznalaženja alternativnih načina suzbijanja (Šćepanović i sur., 2020.; Barić i Ostojić, 2017)

Dosadašnja znanstvena literatura, ne sadrži istraživanja koja su se bavila utjecajem invazivnih drvenastih vrsta, poput žljezdastog pajasena i japanskog dvornika, na korovne vrste ambroziju i koštan. S obzirom na ekonomsku važnost ove dvije korovne vrste u RH cilj ovog istraživanja je utvrditi potencijalni inhibicijski utjecaj donor vrsta (žljezdasti pajasen i japanski dvornik) na početni rast i razvoj testiranih vrsta (ambrozije i koštana). Rezultati ovog istraživanja mogu pomoći pri razvoju potencijalnih bioherbicida, a koji bi u budućnosti mogli pridonijeti suzbijanju glavnih ekonomski štetnih korovnih vrsta u poljoprivrednoj praksi.

2. HIPOTEZE I CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Pregledom dosadašnjih istraživanja definirane su hipoteze i ciljevi ovog istraživanja.

Hipoteze istraživanja su:

1. Primjena vodenih ekstrakta biljnih dijelova (list, stabljika i podanak) invazivnih drvenastih vrsta *Reynoutria japonica* i *Ailanthus altissima* inhibirat će klijavost, dinamiku klijanja i početni rast (duljnu hipokotila/koleoptile i radikule, suhu masu) korovnih vrsta *Ambrosia artemisiifolia* i *Echinochloa crus-galli*. Pritom jači inhibicijski učinak na obje testne vrste ostvarit će vodeni ekstrakti pripremljeni od vrste *Ailanthus altissima*.

2. Vodeni ekstrakti pripremljeni od različitih biljnih dijelova (list, stabljika i podanak) obje invazivne drvenaste vrste *Reynoutria japonica* i *Ailanthus altissima*, različitim intenzitetom inhibirat će klijavost, dinamiku klijanja te početni rast (duljinu hipokotila/koleoptile i radikula i suhe mase) korovnih vrsta *Ambrosia artemisiifolia* i *Echinochloa crus-galli*.

Cilj istraživanja je:

1. Utvrditi klijavost, dinamiku klijanja, duljinu hipokotila/koleoptile i radikule te suhu masu korovnih vrsta *Ambrosia artemisiifolia* i *Echinochloa crus-galli* nakon primjene vodenih ekstrakata pripremljenih od biljnih dijelova (list, stabljika i korijen) invazivnih drvenastih vrsta *Reynoutria japonica* i *Ailanthus altissima*.

3. MATERIJALI I METODE RADA

Istraživanje alelopatskog učinka invazivnih drvenastih vrsta (donor vrsta), *Ailanthus altissima* i *Reynoutria japonica* na dvije korovne vrste (testne vrste) *Ambrosia artemisiifolia* i *Echinochloa crus-galli* provedeno je na Zavodu za herbologiju, Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu u razdoblju od listopada 2022. do travnja 2023. godine.

3. 1. Sakupljanje i priprema sjemena test vrsta - *Ambrosia artemisiifolia* i *Echinochloa crus-galli*

Sjeme korovnih vrsta *Ambrosia artemisiifolia* i *Echinochloa crus-galli* sakupljeno je na ukupno 13 lokacija u Republici Hrvatskoj tijekom 2021. i 2022. godine. Sjeme je sakupljeno u trenutku fiziološke zrelosti. Popis lokacija na kojima je sakupljeno sjeme test vrsta nalazi se u tablici 1.

Tablica 1. Lokacije na kojima je prikupljeno sjeme korovnih vrsta *Ambrosia artemisiifolia* i *Echinochloa crus-galli* za potrebe provođenja istraživanja.

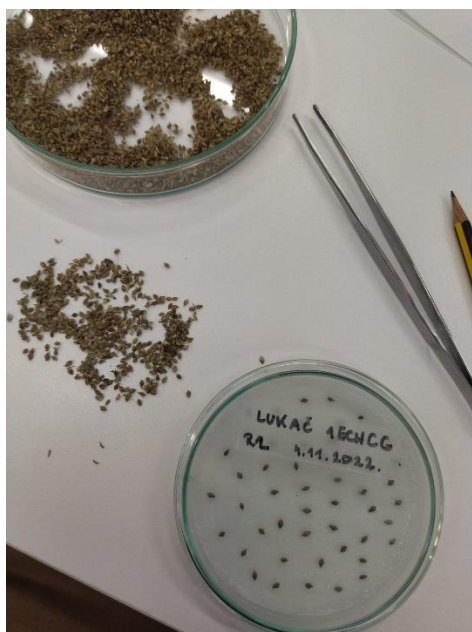
Vrsta	Godina	Lokacija	Geografska širina	Geografska dužina
<i>Echinochloa crus-galli</i>	03.10.2021.	Lukač	45,865762	17,410402
	03.10.2021.	Bazje	45,509384	17,462146
	03.10.2021.	Virovitica 1	45,850496	17,377361
	03.10.2021.	Virovitica 2	45,020045	17,375771
	03.10.2021.	Suhopolje	45,782548	17,532963
	15.10.2021.	Jagodnjak	45,696183	18,588580
	13.10.2021.	Majške Međe	45,738056	18,488056
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	15.10.2021.	Uglješ	45,658633	18,647826
	7.10.2021	Čazma	45,746452	16,609119
	15.10.2022.	Šašinovečki Lug	45,850289	16,180465
	15.10.2021.	Jagodnjak	45,696183	18,588580
	03.10.2021.	Brezik	45,865762	17,410402
	8.10.2021.	Lovas	45,222160	19,147944
	15.10.2021.	Tenie	45,490260	18,729285

Nakon sakupljanja, sjeme je postavljeno na sušenje pri sobnoj temperaturi (24 °C) tri dana. Sjeme je očišćeno od nečistoća, dijelova biljke i pljevica te spremljeno u papirnate vrećice koje su potom skladištene u hladnjaku (4 °C) do početka provođenja istraživanja.

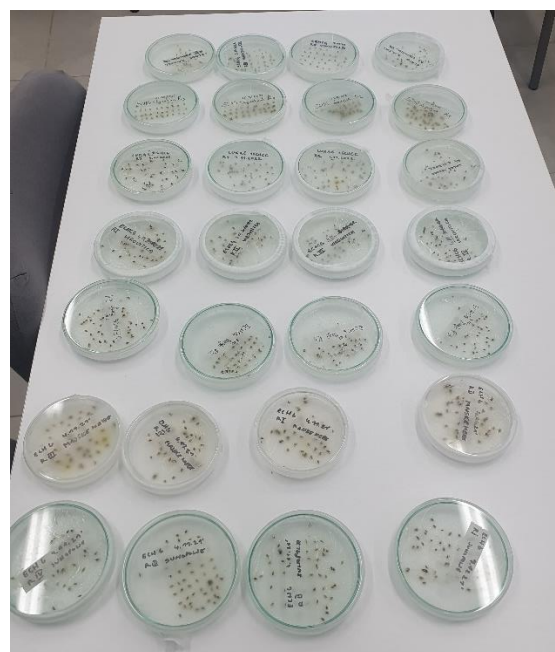
3. 2. Utvrđivanje klijavosti test vrsta - *Ambrosia artemisiifolia* i *Echinochloa crus-galli*

Preliminarnim testovima klijavosti (ISTA, 2020.) utvrđen je postotak klijavosti svake prikupljene populacije kako bi se odabrala populacija koja će biti korištena u daljnjim istraživanjima. Klijavost je testirana za sedam populacija koštana i sedam populacije ambrozije. Test klijavosti proveden je postavljanjem 50 sjemenki u Petrijeve zdjelice promjera 9 cm u četiri ponavljanja (50 x 4= 200 sjemenki) na filter papir uz dodatak 3 mL destilirane vode (Slika 1). Pritom nisu korištene metode prekidanja dormantnosti. Sjeme ambrozije postavljeno je u klima komoru (HCP 108, Memmert, Njemačka) na optimalni alternirajući temperaturni režim od 25/15 °C (Willemsen, 1975.) s fotoperiodom 12:12 h (dan:noć). Sjeme koštana postavljeno je na konstantni temperaturni režim od 24 °C s fotoperiodom 12:12 h (dan:noć).

Klijavost je očitana dva tjedna od postavljanja testa klijavosti za ambroziju, odnosno tjedan dana za koštan (Slika 2). Kriterij za odabir populacije u daljnjim istraživanjima bio je utvrđen postotak klijavosti veći od 50 %.



Slika 1. Sjetva sjemenki za provođenje testa klijavosti vrste *Echinochloa crus-galli* (foto: Šoštarčić, 2022)



Slika 2. Očitavanje testa klijavosti i odabir populacije korovne vrste *Echinochloa crus-galli* za korištenje u daljnjem istraživanju (foto: Šoštarčić, 2022)

3. 3. Sakupljanje i priprema dijelova donor vrsta – *Reynoutria japonica* i *Ailanthus altissima*

U listopadu 2022. na lokaciji Maksimir u blizini potoka Bliznec (45.835926, 16.027528) sakupljeni su listovi, stabljike i podanci donor vrsta *Ailanthus altissima* i *Reynoutria japonica* (Slike 3-6). Sakupljeni biljni dijelovi osušeni su u sušioniku (UF 260, Memmert, Njemačka) tri dana na 60 °C te potom usitnjeni sjeckalicom (GM 300 Knife Mill Grindomix, Retsch, Njemačka) do veličine čestica od 0,5 mm. Usitnjeni biljni dijelovi spremljeni su u papirnate vrećice koje su skladištene na hladnom i tamnom mjestu do početka provođenja pokusa.



Slika 3. *Reynoutria japonica* uz potok Bliznec (foto: Šoštarčić, 2022)



Slika 4. Podanak vrste *Ailanthus altissima* (foto: Šoštarčić, 2022)



Slika 5. Sakupljanje biljnih dijelova vrste *Reynoutria japonica* (foto: Šoštarčić, 2022)



Slika 6. *Ailanthus altissima* pored potoka Bliznec (foto: Šoštarčić, 2022)

3. 4. Utvrđivanje alelopatskog utjecaja vodenih ekstrakata donor biljaka na testne vrste

Osušeni i usitnjeni dijelovi donor biljaka (*Reynoutria japonica* i *Ailanthus altissima*) potopljani su u destiliranu vodu 24 h u omjeru 1:10 na sobnoj temperaturi (24 °C) (Kunz i sur., 2016.; Brijačak i sur., 2020.) (Slika 7). Filtracijom su dobiveni vodeni ekstrakti za korištenje u daljnjem pokusu (Tablica 2).

Tablica 2. Vodni ekstrakti biljnih dijelova donor biljaka korišteni u pokusu

R.br.	Vrsta	Organ
1	Kontrolni tretman – destilirana voda	-
2	<i>Reynoutria japonica</i>	list
3	<i>Reynoutria japonica</i>	stabljika
4	<i>Reynoutria japonica</i>	podanak
5	<i>Ailanthus altissima</i>	list
6	<i>Ailanthus altissima</i>	stabljika
7	<i>Ailanthus altissima</i>	podanak



Slika 7. Pripremljeni vodeni ekstrakti biljnih dijelova donor vrsta *Reynoutria japonica* i *Ailanthus altissima* (foto: Šoštarčić, 2022)

Istraživanje je provedeno postavljanjem dva odvojena pokusa. **Prvi pokus (A)** je postavljen s ciljem utvrđivanja % klijavosti, duljine hipokotila/koleoptile i radikule te suhe mase klijanaca testnih vrsta nakon izlaganja navedenim tretmanima. Duljina hipokotila/koleoptile, duljina radikule te suha masa izmjerene su na ukupno deset proklijalih sjemenki testnih vrsta po Petrijevoj zdjelici (Slika 9). Za potrebe utvrđivanja suhe mase, biljni dijelovi ambrozije (radikula, hipokotil, kotiledoni) i koštana (radikula i koleoptila) sušeni su u sušioniku tri dana na 50 °C (UF 260, Memmert, Njemačka). Nakon sušenja analitičkom vagom (MS105DU, Mettler Toledo, Greifensee, Švicarska) izvagana je suha biljna masa na svakom istraživanom tretmanu. Očitavanje **pokusa A** za ambroziju obavljeno je dva tjedna od postavljanja pokusa, dok je koštan očitavan tjedan dana nakon postavljanja pokusa.

Drugi pokus (B) je postavljen s ciljem utvrđivanja dinamike klijanja korovnih vrsta pri različitim tretmanima te je u ovom pokusu svakodnevno očitavana klijavost na tretmanima sve do trenutka kada deset dana uzastopno nije utvrđena ni jedna proklijala sjemenka. Očitavanje brojnosti proklijalih sjemenki upotrijebljeno je za izradu krivulje dinamike klijanja za svaki pojedini vodeni ekstrakt. Temeljem podatka o dnevnoj klijavosti utvrđena je dinamika klijanja (brzina klijanja) unutar istraživanog perioda. Brzina klijanja označena je kao t_{10} i t_{50} , gdje t_{10} označava početnu (inicijalnu) klijavost, odnosno vrijeme, izraženo u broju dana, potrebno da 10 % posijanog sjemena proklije. Oznaka t_{50} , označava sredinu klijavosti, i broj dana potrebno za klijanje 50 % posijanog sjemena. Dinamika klijanja ambrozije praćena je u periodu od 40 dana, dok je klijavost koštana praćena u trajanju od 31 dan. Oba pokusa su postavljena u četiri repeticije te ponovljena dva puta.



Slika 8. Postavljanje Petrijevih zdjelica u klima komoru (foto: Šoštarčić, 2022)



Slika 9. Očitavanje pokusa A (foto: Šoštarčić, 2022)

Za potrebe provođenja oba navedena pokusa 50 sjemenki koštana i ambrozije posijano je u Petrijeve zdjelice promjera 9 cm, na filter papir u četiri ponavljanja. Ovisno o tretmanu, u Petrijeve zdjelice je dodano 3 mL destilirane vode/vodenih ekstrakata. Petrijeve zdjelice zatvorene su parafilmskom trakom kako bi se spriječila evaporacija tekućine, te postavljene u klima komoru (HCP 108, Memmert, Njemačka) (Slika 8) na temperaturni režim optimalan za testnu vrstu. Ambrozija je postavljena na alternirajući temperaturni režim od 25/15 °C (Willemsen, 1975.) s fotoperiodom 12:12h (dan:noć). Sjeme koštana postavljeno je na konstantni temperaturni režim od 24 °C s fotoperiodom 12:12h (dan:noć). Vlažnost zraka u klima komori iznosila je 70 %, a jačina svjetlosti od 40 – 50 $\mu\text{mol m}^{-2}$. Randomizacija Petrijevih zdjelica u komori provođena je svaki dan.

3. 5. Statistička obrada podataka

Promatrane varijable mjerene na kraju **pokusa A** (ukupna klijavost, duljina radikule, duljina hipokotila/koleoptile te suha biljna masa) prikazane su kao postotak redukcije u odnosu na kontrolni tretman prema formuli (Abott, 1925.):

$$\% \text{ redukcije istra\u017eivanog parametra} = \left(\frac{C - T}{C} \right) * 100$$

Gdje je C vrijednost utvr\u010dena na kontroli, dok je T vrijednost utvr\u010dena na svakom istra\u017eivanom tretmanu s vodenim ekstraktom invazivne vrste.

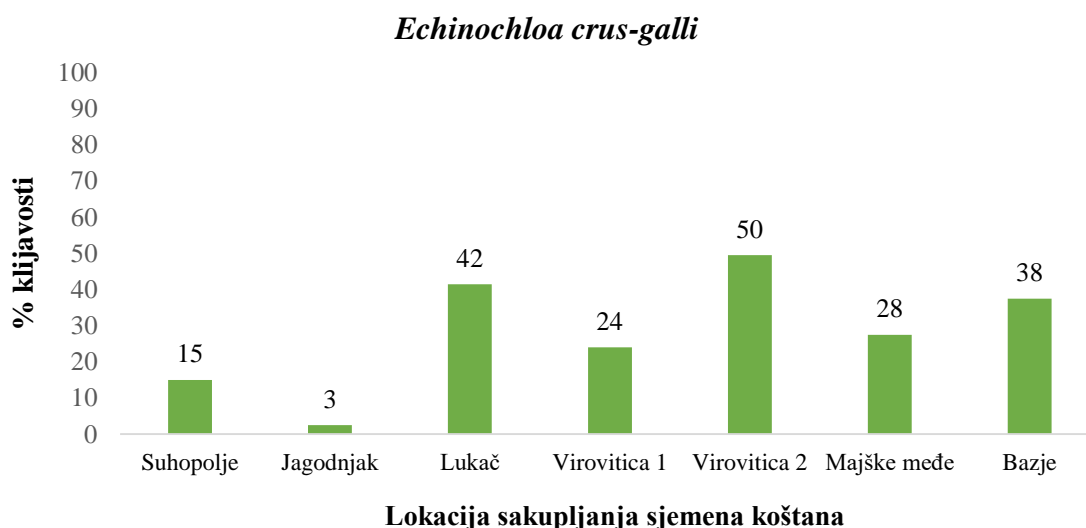
Utvr\u010deni postotak redukcije svakog istra\u017eivanog parametra obra\u010den je dvosmjernom analizom varijance (donor vrsta i organ) u programu R (R Core Team 2021., version 4.1.1, Vienna, Austria). Za usporedbu srednjih vrijednosti kori\u0161ten je Tukey HSD test. Kori\u0161teni su paketi „*emmeans*“ i „*multcomp*“. Dobiveni podaci o dnevnom utvr\u010divanju klijavosti kori\u0161teni su za prikaz dinamike klijanja parametrijskom log logisti\u010dkom funkcijom (LN.2) u paketu „*drcte*“ (Onofri i sur., 2022.).

4. REZULTATI RADA

Rezultati rada prikazani su za svaku testnu vrstu i odvojeno. Rezultati **pokusa A** prikazani su stupčastim grafikonima koji predstavljaju prosječnu redukciju (%) mjerenih parametara (klijavost, duljina radikule, duljina hipokotila/koleoptile, suha masa) u odnosu na kontrolu. Rezultati **pokusa B** prikazani su log logističkom funkcijom dinamike klijanja testnih vrsta pri različitim vodenim ekstraktima.

4. 1. Preliminarni test klijavosti i odabir populacije

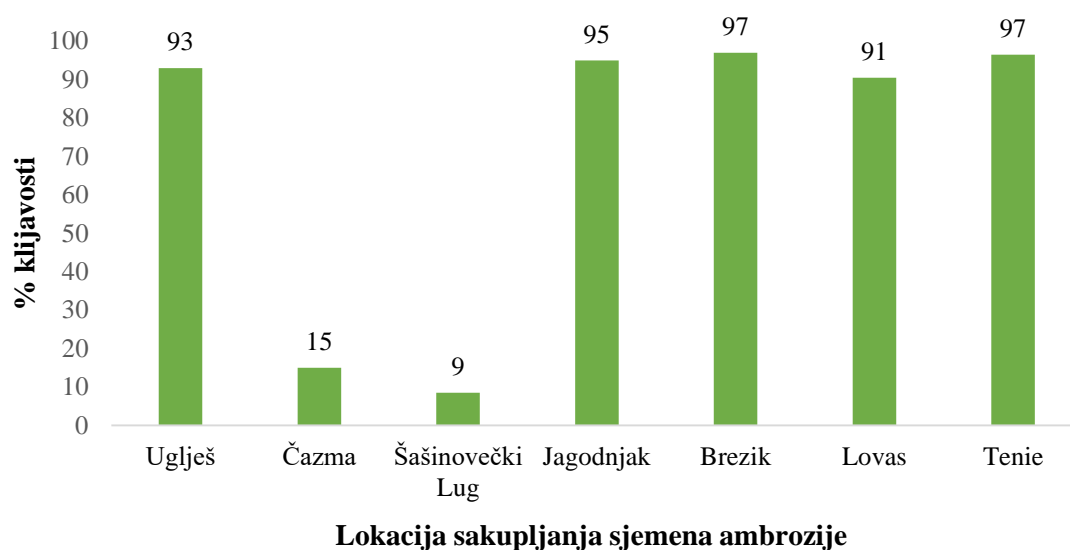
Preliminarni rezultati testa klijavosti za različite populacije testnih vrsta prikazani su za svaku testiranu populaciju korovne vrste *Echinochloa crus-galli* (Grafikon 1) i *Ambrosia artemisiifolia* (Grafikon 2).



Grafikon 1. Utvrđeni postotak klijavosti različitih populacija koštana (*Echinochloa crus-galli*) sakupljenih na različitim lokacijama

Iz Grafikona 1. vidljivo je da niti jedna populacija koštana nije ostvarila više od 50 % klijavosti sjemena. Najviši postotak klijavosti utvrđen je za populaciju Virovitica 2 (45,020045, 17,375771) dok je najmanji postotak klijavosti utvrđen za populaciju Jagodnjak (45,696183, 18,588580). S obzirom da je kriterij za odabir populacije bio minimalno 50 % klijavosti sjemena, populacija Virovitica 2 odabrana je za daljnja istraživanja.

Ambrosia artemisiifolia



Grafikon 2. Utvrđeni postotak kljavosti različitih populacija ambrozije (*Ambrosia artemisiifolia*) sakupljenih na različitim lokacijama

Uspoređujući dvije test vrste (koštan i ambrozija) u preliminarnom istraživanju, ambrozija je u odnosu na koštan općenito imala veći postotak kljavosti pri različitim populacijama. Iz Grafikona 2. vidljivo je da je većina populacija ambrozije ostvarila kljavost višu od 90 % (osim populacija Čazma i Šašinovečki Luga). Najmanji postotak kljavosti utvrđen je za populaciju Šašinovečki Lug (45,850289, 16,180465), a najviši postotak kljavosti utvrđen je za populaciju Brezik (97%) (45,865762, 17,410402) i Tenie (97 %) (45,490260, 18,729285), a zbog veće sakupjene količine sjemena, populacija Brezik izabrana je za korištenje u daljnjem istraživanju.

4. 2. Utjecaj vodenih ekstrakata donor vrsta (*Reynoutria japonica* i *Ailanthus altissima*) na početni rast i razvoj korovne test vrste *Ambrosia artemisiifolia*

Tablica 3. prikazuje rezultate dvosmjerne analize varijance za četiri istraživana parametra (redukciju (%) klijavosti, duljine radikule i hipokotila, suhe mase) za vrstu *Ambrosia artemisiifolia*. Utvrđena je statistički značajna razlika u postotku redukcije svih istraživanih parametara između korištenih vodenih ekstrakata donorskih vrsta i njihovih organa, kao i interakcije između navedenih varijabli.

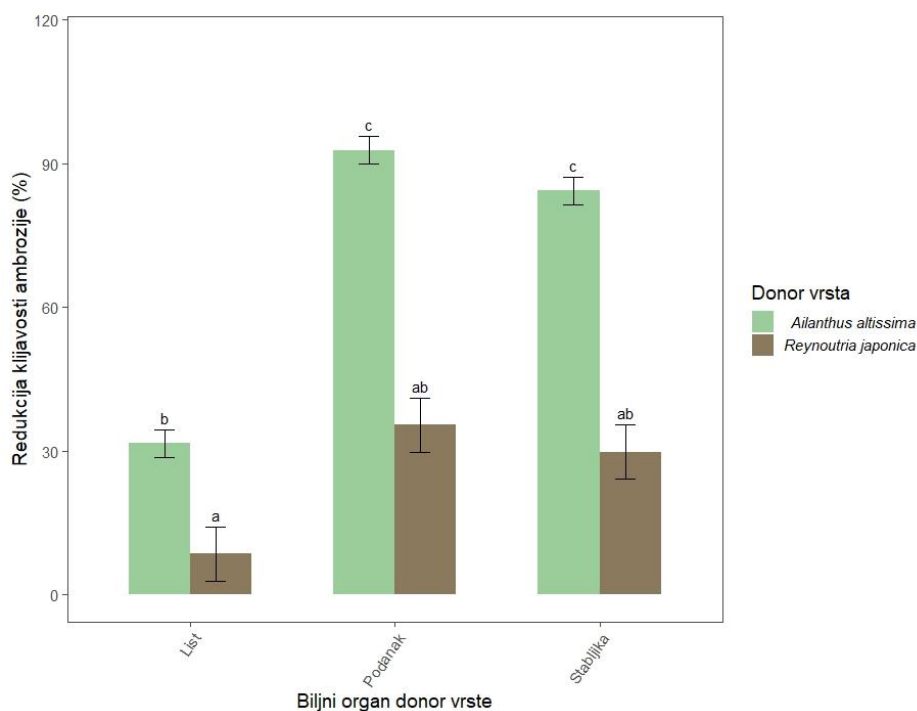
Tablica 3. Rezultati analize varijance za istraživane parametre % redukcije klijavosti, % redukcije duljine radikule, % redukcije duljine hipokotila i % redukcije suhe mase za vrstu *Ambrosia artemisiifolia* u pokusu A

Izvor varijabilnosti	n-1	F _{exp}			
		% redukcije klijavosti	% redukcije radikule	% redukcije hipokotila	% redukcije suhe mase
Donor vrsta (DV)	1	3.876e-10 ***	2.936e-10 ***	< 2.2e-16 ***	0.0005432 ***
Organ (O)	2	2.182e-08 ***	3.740e-05 ***	< 2.2e-16 ***	7.175e-05 ***
DV x O	2	0.002097 **	3.342e-07 ***	< 2.2e-16 ***	0.0007046 ***
Greška	18				

Oznake signifikantnosti za p-vrijednost: <0.001=***, <0.01=**.

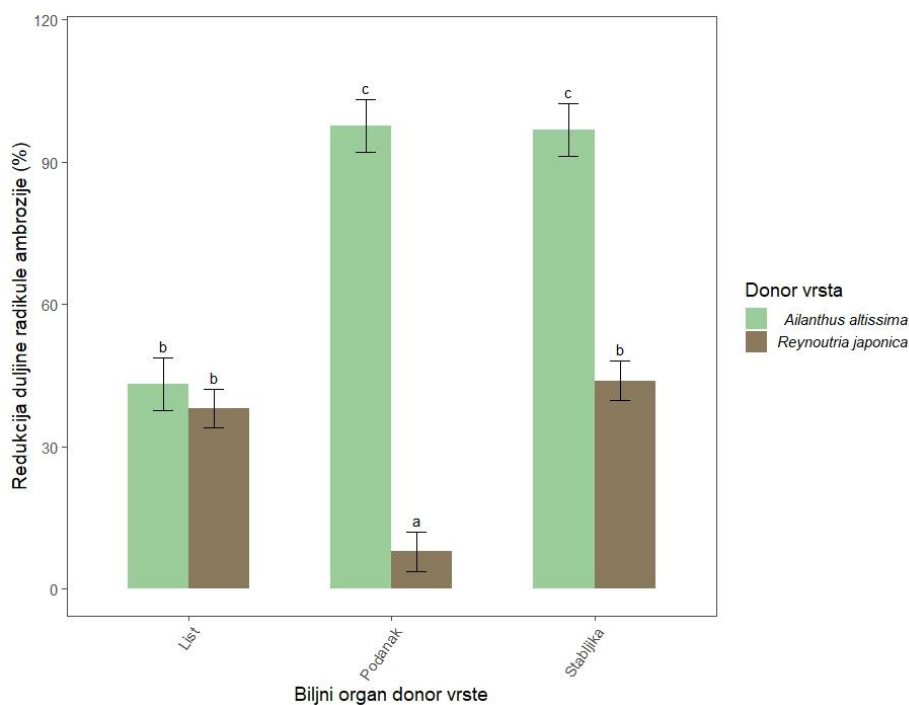
Utvrđena je je značajna inhibicija klijavosti te redukcija suhe mase te duljine radikule i hipokotila vrste *Ambrosia artemisiifolia* primjenom svih vodenih ekstrakata obje donor vrste. Najjači inhibicijski učinak svih mjerenih parametara ostvaren je primjenom vodenih vodenih ekstrakata podanka (73,9 – 100 %) i stabljike (84,4 – 100 %) donor vrste *Ailanthus altissima*.

U grafikonu 3. prikazana je redukcija klijavosti sjemena ambrozije primjenom vodenih ekstrakata donor vrsta u odnosu na postotak klijavosti sjemena na kontrolnom. Utvrđena prosječna klijavost ambrozije na kontrolnom tretmanu iznosila je 92,0 %. Vodeni ekstrakti podanka (92,8 %) i stabljike (84,4 %) vrste *Ailanthus altissima* najjače su inhibirali klijavosti sjemena korovne vrste *Ambrosia artemisiifolia*, te između navedenih vodenih ekstrakata nije utvrđena statistički značajna razlika. Najmanju redukciju klijavosti sjemena korovne vrste *Ambrosia artemisiifolia* postigli su tretmani vodenih ekstrakata lista donor vrste *Reynoutria japonica* (8,4 %) dok je isti biljni organ ali kod kod druge donor vrste (*Ailanthus altissima*) jače inhibirao klijavost ambrozije (31,6 %). Međutim, između vodenog ekstrakta lista donor vrste *Reynoutria japonica* te podanka i stabljike iste vrste nije utvrđena značajna statistička razlika u redukciji klijavosti sjemena korovne vrste *Ambrosia artemisiifolia*. Neovisno o biljnom organu, vodeni ekstrakti pripremljeni od donor vrste *Ailanthus altissima* generalno su jače inhibirali klijavost ambrozije u odnosu na vodene ekstrakte od *Reynoutria japonica*.



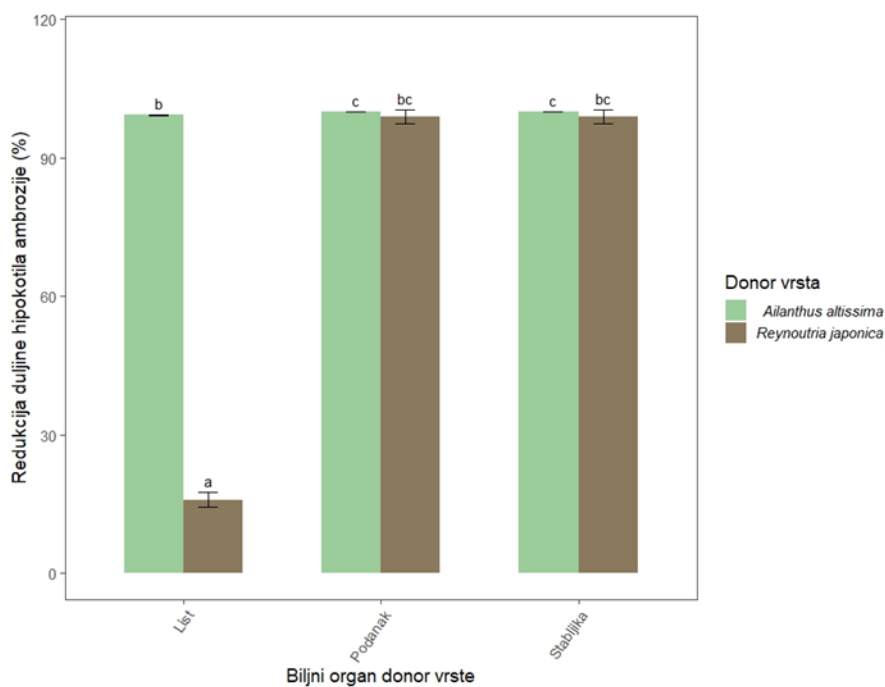
Grafikon 3. Redukcija klijavosti korovne vrste *Ambrosia artemisiifolia* primjenom istraživanih vodenih ekstrakata biljnih dijelova (list, podanek, stabiljka) donor vrsta *Ailanthus altissima* i *Reynoutria japonica* utvrđena u **pokusu A**.

U Grafikonu 4. prikazana je redukcija duljine radikule korovne vrste *Ambrosia artemisiifolia* u odnosu na duljinu radikule na kontroli. Utvrđena prosječna duljina radikule ambrozije na kontrolnom tretmanu iznosila je 4,3 cm. Slično kao i redukcije klijavosti, najveću redukciju duljine radikule korovne vrste *Ambrosia artemisiifolia* ostvarili su tretmani vodenih ekstrakta podanka (97,6 %) i stabiljike (96,8 %) donor vrste *Ailanthus altissima* te između navedenih nije utvrđena značajna statistička razlika. Najmanju redukciju duljine radikule korovne vrste *Ambrosia artemisiifolia* postigao je tretman vodenog ekstrakta podanka vrste *Reynoutria japonica* (7,8 %). Nadalje, između tretmana vodenih ekstrakta listova vrsta *Reynoutria japonica* (38,1 %) i *Ailanthus altissima* (43,1 %), te vodeni ekstrakt stabiljke donor vrste *Reynoutria japonica* (43,9 %) nije utvrđena statistički značajna razlika.



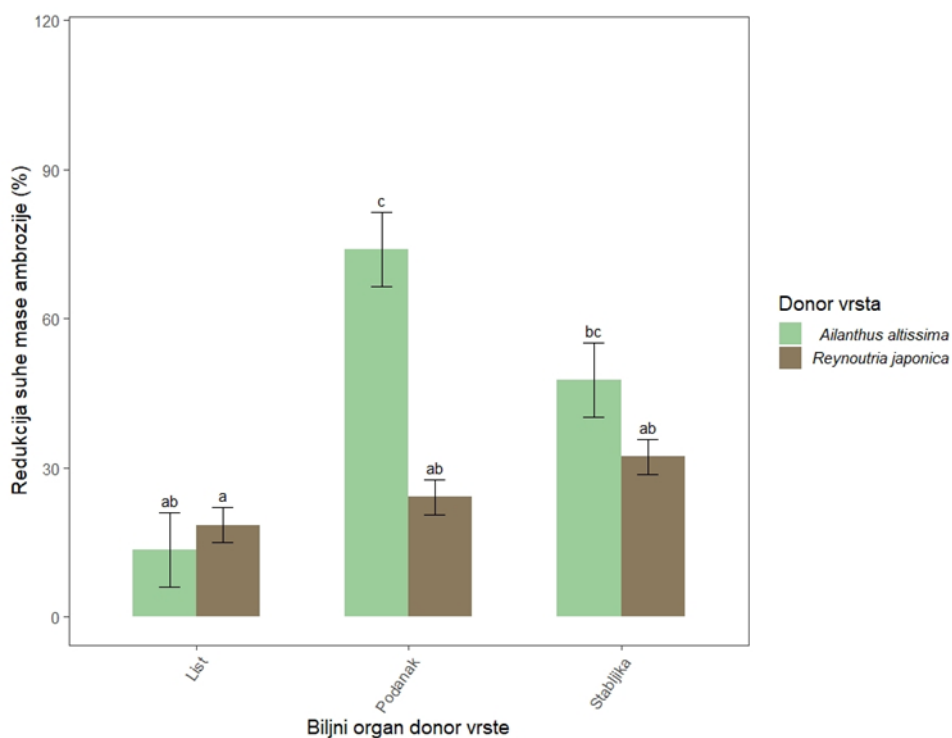
Grafikon 4. Redukcija duljine radikule korovne vrste *Ambrosia artemisiifolia* primjenom istraživanih vodenih ekstrakata biljnih dijelova (list, podanek, stabiljka) donor vrsta *Ailanthus altissima* i *Reynoutria japonica* utvrđena u **pokusu A**.

Redukcija hipokotila korovne vrste *Ambrosia artemisiifolia* pri primjeni vodenih ekstrakata različitih biljnih dijelova donor vrsta prikazana je u Grafikonu 5. Utvrđena prosječna duljina hipokotila ambrozije na kontrolnom tretmanu iznosila je 2,7 cm. Najveću redukciju duljine hipokotila korovne vrste *Ambrosia artemisiifolia* postigli su vodeni ekstrakti podanka (100,0 %) i stabiljike (100,0 %) vrste *Ailanthus altissima*, te vodeni ekstrakti podanka (98,9 %) i stabiljike (98,9 %) vrste *Reynoutria japonica*, te između navedenih nije utvrđena značajna statistička razlika. Osim navedenih tretmana, visoku redukciju hipokotila korovne vrste *Ambrosia artemisiifolia* postigao je i tretman vodenim ekstraktom lista (99,3 %) vrste *Ailanthus altissima*. Najmanju redukciju duljine hipokotila korovne vrste *Ambrosia artemisiifolia* postigao je tretman vodenim ekstraktom lista vrste *Reynoutria japonica* (15,9 %).



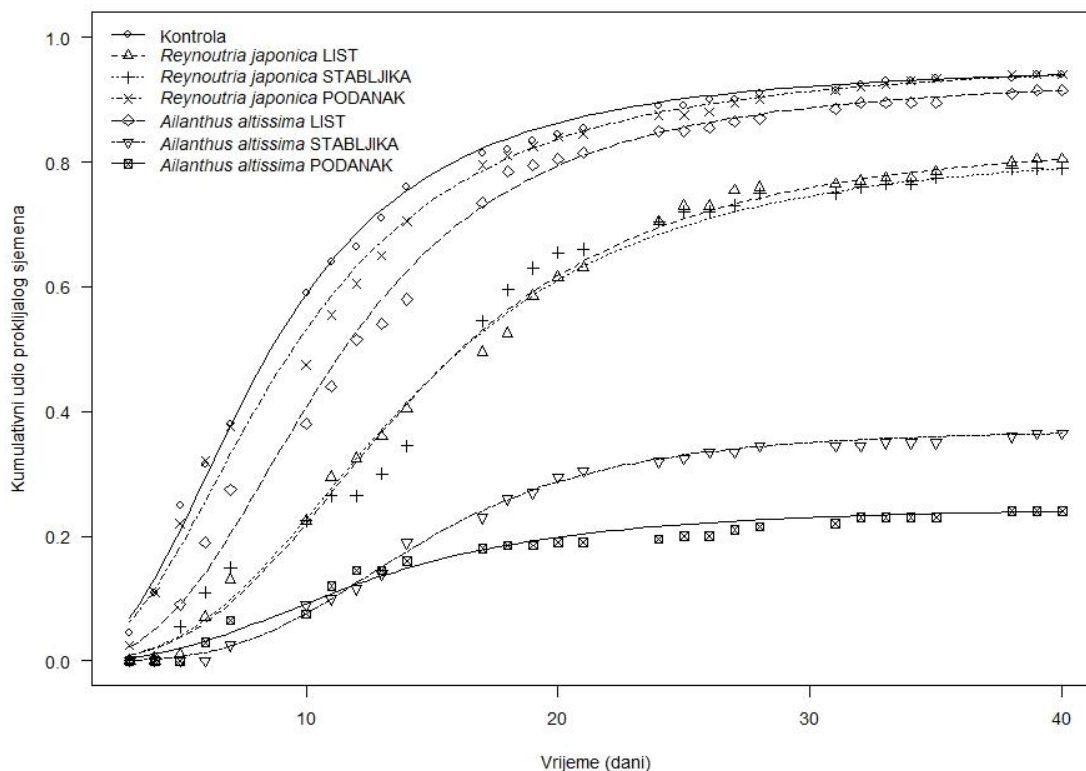
Grafikon 5. Redukcija duljine hipokotila korovne vrste *Ambrosia artemisiifolia* primjenom istraživanih vodenih ekstrakata biljnih dijelova (list, podanak, stabljika) donor vrsta *Ailanthus altissima* i *Reynoutria japonica* utvrđena u **pokusu A**.

Prosječna težina suhe mase radikule, hipokotila i kotiledona ambrozije na kontrolnom tretmanu iznosila je 0,02467 g. U Grafikonu 6. prikazana je redukcija (%) suhe mase korovne vrste *Ambrosia artemisiifolia* u odnosu na težinu suhe mase biljnih dijelova na kontroli gdje je primjenjena destilirana voda. Suha masa korovne vrste *Ambrosia artemisiifolia* slabije je reducirana u odnosu na druge istraživane parametre, ali ponovno su vodeni ekstrakt podanka (73,9 %) i stabljike (47,7 %) donor vrste *Ailanthus altissima*, najjače reducirali suhu mase korovne vrste *Ambrosia artemisiifolia*. Također, statistički razlika nije utvrđena ni kod primjene vodenih ekstrakta podanka (24,0 %) i stabljike (32,2 %) donor vrste *Reynoutria japonica* u odnosu na vodeni ekstrakt stabljike (47,7 %) i lista (13,4 %) donor vrste *Ailanthus altissima*. Najmanja redukcija suhe mase korovne vrste *Ambrosia artemisiifolia* utvrđena je kod tretmana vodenim ekstraktom lista vrste *Reynoutria japonica* (18,4 %). Pri tome treba istaknuti da se tretmani vodenim ekstraktima podanka i stabljike vrste *Reynoutria japonica* statistički se značajno ne razlikuju.



Grafikon 6. Redukcija suhe mase korovne vrste *Ambrosia artemisiifolia* primjenom istraživanih vodenih ekstrakata biljnih dijelova (list, podanek, stabljika) donor vrsta *Ailanthus altissima* i *Reynoutria japonica* utvrđena u **pokusu A**.

Utvrđivanje inhibicijskog djelovanja vodenih ekstrakta donor vrsta *Ailanthus altissima* i *Reynoutria japonica* utvrđeno je kroz praćenje dinamike klijanja sjemena test vrste *Ambrosia artemisiifolia* u pokusu B. Dinamika klijanja prikazana je u Grafikonu 7. za svaki istraživani vodeni ekstrakt donor vrste.



Grafikon 7. Dinamika klijanja utvrđena u **pokusu B** za korovnu vrstu *Ambrosia artemisiifolia* pri različitim vodenim ekstraktima biljnih dijelova (list, stabljika, podanak) donor vrsta *Ailanthus altissima* i *Reynoutria japonica*

Prosječno vrijeme potrebno da se ostvari 10 % klijavosti populacije posijanog sjemena ambrozije na kontrolnom tretmanu odnosno za početnu (inicijalna) klijavost (t_{10}) na kontroli bila su potrebna tri dana (Grafikon 7.). U istom vremenskom periodu (tri dana) ostvarena je i početna klijavost ambrozije pri primjeni vodenog ekstrakta podanka donor vrste *Reynoutria japonica*. U prosjeku je za početak klijanja ambrozije čija je sjetva obavljena na vodenim ekstraktima lista donor vrsta *Ailanthus altissima* i *Reynoutria japonica* te stabljike vrste *Reynoutria japonica* bilo potrebno četiri do šest dana. Najveći inhibicijski utjecaj na dinamiku klijanja sjemena vrste *Ambrosia artemisiifolia* ostvarili vodeni ekstrakt podanka i stabljike donor vrste *Ailanthus altissima*. Za početak klijanja sjeme ambrozije posijano na vodenim ekstraktima podanka i stabljike vrste *Ailanthus altissima* bilo je potrebno sedam dana. Sličan trend dinamike klijanja nastavlja se i prema sredini klijavosti (t_{50}), odnosno vremenu potrebnom da posijano sjeme dosegne 50 % prokljalog sjemena u odnosu na ukupan broj posijanog sjemena. Na kontroli sjeme ambrozije doseže t_{50} u periodu od sedam dana. Vodeni ekstrakt podanka donor vrste *Reynoutria japonica* odgodio je sredinu klijanja za tri dana, te je deseti dan dosegnuta vrijednost t_{50} . Najveća inhibicija vrijednosti t_{50} za korovnu vrstu *Ambrosia artemisiifolia* ostvarena je sjetvom sjemena u vodeni ekstrakt stabljike i podanka donor vrste

Ailanthus altissima gdje ni nakon 40 dana nije ostvarena klijavost veća od 30 % (*Ailanthus altissima* stabljika) odnosno 20 % (*Ailanthus altissima* podanak).

4. 3. Utjecaj vodenih ekstrakta donor vrsta (*Reynoutria japonica* i *Ailanthus altissima*) na početni rast i razvoj korovne test vrste *Echinochloa crus-galli*

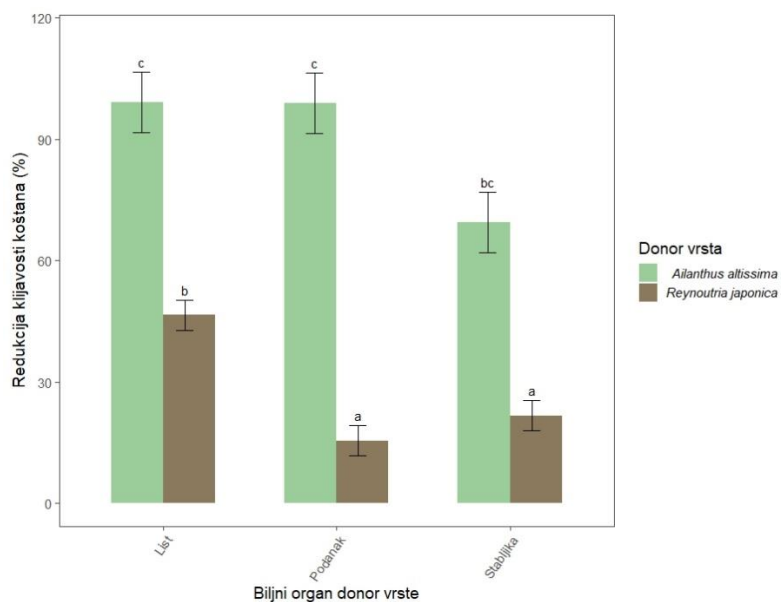
Analiza varijance (Tablica 4.) pokazuje statistički značajnu razliku u postotku redukcije za sve istraživane parametre između različitih donatorskih vrsta i organa, te je interakcija između donator vrste i biljnih organa statistički značajna za sve istraživane parametre. Analizom prosjeka svih tretmana na *Echinochloa crus-galli*, na istraživane parametre najveći učinak redukcije zabilježen je kod vodenog ekstrakta lista i podanka donor vrste *Ailanthus altissima* što je prikazano u Grafikonima 8-11.

Tablica 4. Rezultati dvosmjerne analize varijance za istraživane parametre % redukcije klijavosti, % redukcije duljine radikule, % redukcije duljine koleoptile i % redukcije suhe mase za vrstu *Echinochloa crus-galli* u pokusu A

Izvor varijabilnosti	n-1	F _{exp}			
		% redukcije klijavosti	% redukcije radikule	% redukcije koleoptile	% redukcije suhe mase
Donor vrsta (DV)	1	2.224e-10 ***	3.993e-09 ***	1.559e-09 ***	6.352e-11 ***
Organ (O)	2	0.0008973 ***	1.067e-07 ***	6.248e-07 ***	9.499e-07 ***
DV x O	2	0.0156682 *	1.150e-09 ***	9.699e-09 ***	1.815e-06 ***
Greška	18				

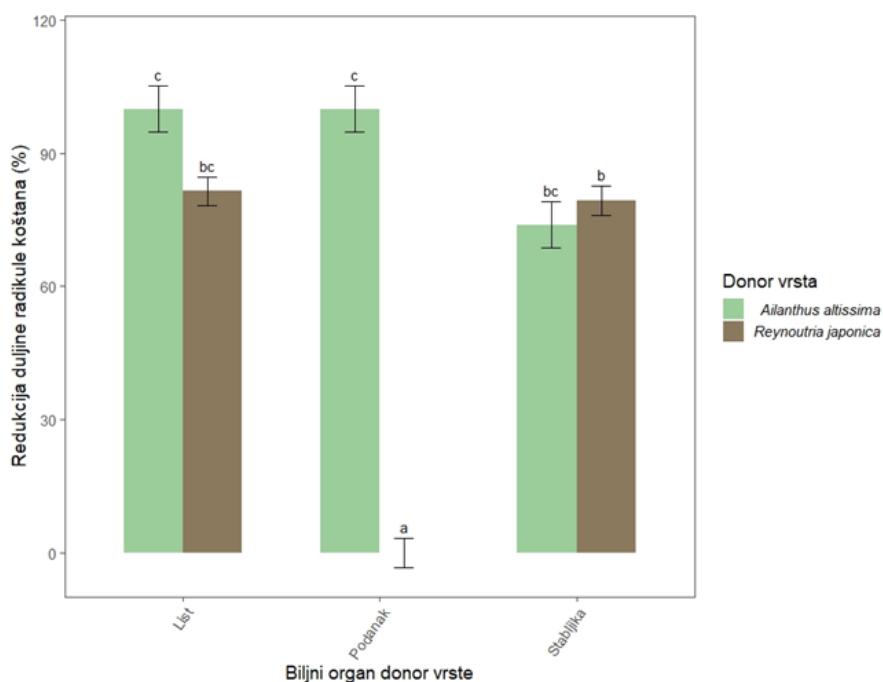
Oznake signifikantnosti za p-vrijednost: <0.001 = ***, <0.01 = **, <0.05 = *

U Grafikonu 8. prikazana je redukcije postotka klijavosti sjemena korovne vrste *Echinochloa crus-galli* pri sjetvi sjemena u različite vodene ekstrakte biljnih dijelova donor vrsta *Reynoutria japonica* i *Ailanthus altissima*. Utvrđena klijavost koštana na kontroli iznosila je 72 %. Svi vodeni ekstrakti inhibirali su klijavost sjemena korovne vrste *Echinochloa crus-galli*. Najveća redukcija klijavosti utvrđena je na tretmanima s vodenim ekstraktima podanka (98,9 %) i lista (99,2 %) vrste *Ailanthus altissima* te između istih nije utvrđena statistički značajna razlika. Također, statistički značajna razlika nije utvrđena ni kod vodenog ekstrakta stabljike *Ailanthus altissima* (69,4 %) u odnosu na podanak i list. Nadalje, inhibicija klijavosti ovog vodenog ekstrakta nije se statistički razlikovala ni od inhibicije klijavosti koštana pri primjeni vodenog ekstrakta lista vrste *Reynoutria japonica* (46,5 %). U odnosu na spomenute vodene ekstrakte, sjetvom sjemena koštana u vodene ekstrakte podanka i lista donor vrste *Reynoutria japonica* utvrđena najmanja redukcija klijavosti i to 15,5 % primjenom ekstrakta podanka i 21,6 % primjenom ekstrakta stabljike.



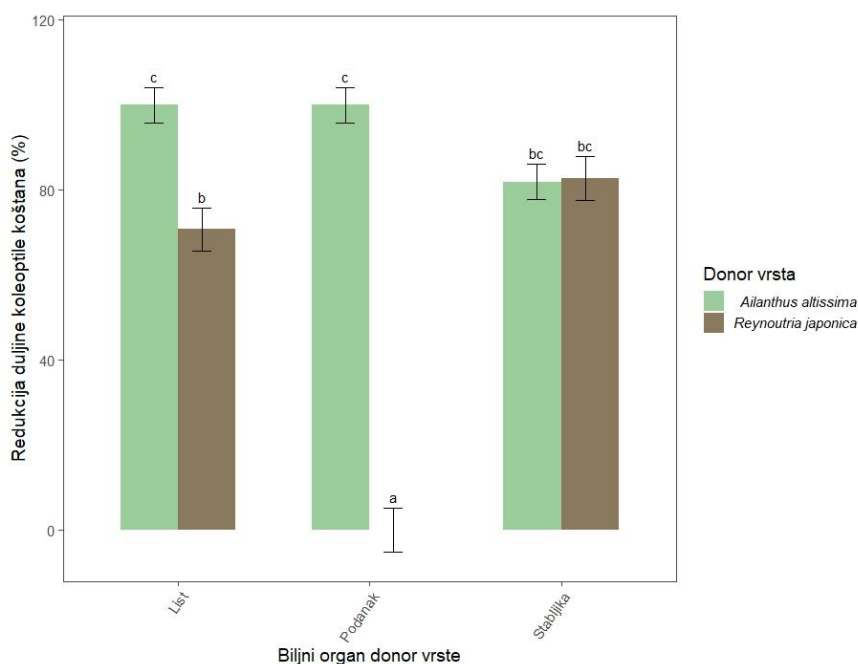
Grafikon 8. Redukcija klijavosti korovne vrste *Echinochloa crus-galli* primjenom istraživanih vodenih ekstrakata biljnih dijelova (list, podanek, stabiljka) donor vrsta *Ailanthus altissima* i *Reynoutria japonica* utvrđena u **pokusu A**.

Redukcija duljine radikule koštana prikazana je u Grafikonu 9. Prosječna duljina radikule koštana na kontrolnom tretmanu iznosila je 2,3 cm. Svi vodeni ekstrakti reducirali su duljinu radikule koštana, osim tretmana ekstrakta podanka vrste *Reynoutria japonica* (0,0 %). Opet je najveća redukcija duljine radikule utvrđena na tretmanima s vodenim ekstraktima iz podanka (100,0 %) i lista (100,0 %) vrste *Ailanthus altissima* te između istih nije utvrđena statistički značajna razlika. Osim toga, statistički značajna razlika nije utvrđena ni kod primjene vodenog ekstrakta stabiljike donor vrste *Ailanthus altissima* (73,9 %) te lista vrste *Reynoutria japonica* (81,5 %).



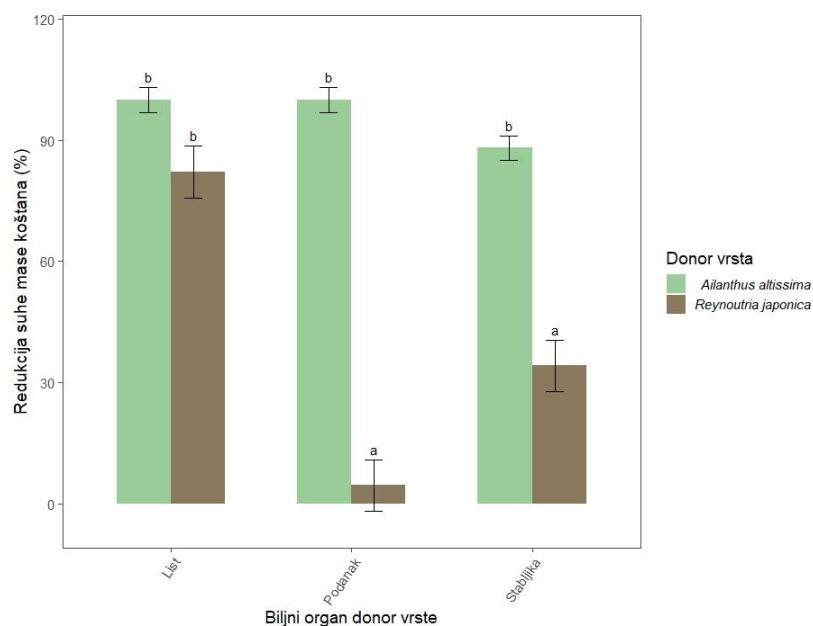
Grafikon 9. Redukcija duljine radikule korovne vrste *Echinochloa crus-galli* primjenom istraživanih vodenih ekstrakata biljnih dijelova (list, podanak, stabljika) donor vrsta *Ailanthus altissima* i *Reynoutria japonica* utvrđena u **pokusu A**.

Prosječna duljina koleoptile koštana na kontrolnom tretmanu iznosila je 7,4 cm. Redukcija duljine radikule u odnosu na kontrolu prikazana je u Grafikonu 10. Svi vodeni ekstrakti reducirali su duljinu koleoptile koštana, osim tretmana ekstrakta podanka vrste *Reynoutria japonica* (0,0 %). Potpuna inhibicija (100%) utvrđena je na tretmanima s vodenim ekstraktima podanka i lista vrste *Ailanthus altissima*. Od vodenih ekstrakata vrste *Reynoutria japonica*, najviše je reducirao duljinu koleoptile koštana vodeni ekstrakt stabljike (82,8 %) slično kao i vodeni ekstrakt stabljike druge donor vrste (*Ailanthus altissima*) (82,0 %)



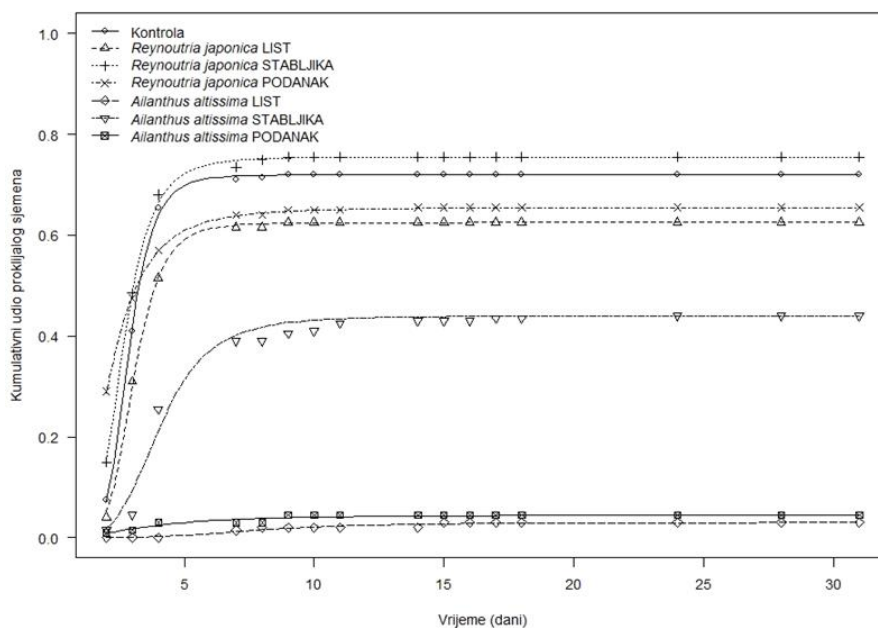
Grafikon 10. Redukcija duljine koleoptile korovne vrste *Echinochloa crus-galli* primjenom istraživanih vodenih ekstrakata biljnih dijelova (list, podanak, stabiljka) donor vrsta *Ailanthus altissima* i *Reynoutria japonica* utvrđena u **pokusu A**.

Sličan trend redukcija već spomenutih parametara vidljiv je i kod redukcije mase koštana (Grafikon 11). Prosječna težina suhe mase koštana na kontrolnom tretmanu iznosila je 0,00608 g. Najveća redukcija suhe mase utvrđena je na tretmanima s vodenim ekstraktima vrste *Ailanthus altissima* iz podanka (100,0 %), lista (100,0 %) i stabiljike (88,1 %) te lista donor vrste *Reynoutria japonica* (82,2 %) nema statistički značajne razlike. Vodeni ekstrakti podanka i stabiljike donor vrste *Reynoutria japonica* ostvarili su najnižu redukciju suhe mase koštana, 4,5 % odnosno 34,1 % te između istih nije utvrđena značajna statistička razlika.



Grafikon 11. Redukcija suhe mase korovne vrste *Echinochloa crus-galli* primjenom istraživanih vodenih ekstrakata biljnih dijelova (list, podanek, stabljika) donor vrsta *Ailanthus altissima* i *Reynoutria japonica* utvrđena u **pokusu A**.

Osim utvrđene redukcije istraživanih parametara u pokusu A, unutar pokusa B koji je proveden kroz višetjedno praćenje klijavosti sjemena koštana utvrđena je dinamika klijanja pri različitim vodenim ekstraktima. Dinamika klijanja koštana primjenom vodenih ekstrakata različitih dijelova donor vrsta prikazana je u Grafikonu 12.



Grafikon 12. Dinamika klijanja utvrđena u **pokusu B** za korovnu vrstu *Echinochloa crus-galli* pri različitim vodenim ekstraktima biljnih dijelova (list, stabljika, podanek) donor vrsta *Ailanthus altissima* i *Reynoutria japonica*

Za ostvarivanje vrijednosti t_{10} , odnosno početne (inicijalne) klijavosti sjemena koštana na kontroli bilo je potrebno dva dana (Grafikon 12). U period od dva dana započelo je klijanje sjemena na kontrolnom tretmanu gdje je primijenjena destilirana voda. Sredina klijavosti (t_{50}), odnosno vrijeme potrebno da 50 % posijanog sjemena proklije utvrđeno je već treći dan na kontroli. U usporedbi s dinamikom klijanja sjemena posijanog u vodeni ekstrakt donor vrsta vidljiv je sličan trend dinamike klijavosti (t_{10} i t_{50}) kod vodenog ekstrakta stabljike, lista i podanka donor vrste *Reynoutria japonica* odnosno dinamika klijanja koštana nije bila usporena na ovim tretmanima. U odnosu na kontrolu početna klijavost sjemena koštana pri ovim vodenim ekstraktima nije bila usporena. Vodeni ekstrakt koji je imao najveći utjecaj na redukciju kumulativnog udjela prokljalog sjemena koštana jest lista vrste *Ailanthus altissima* nakon kojeg slijedi ekstrakt iz podanka iste vrste, a potom iz stabljike također *Ailanthus altissima*. Pri čemu sjeme koštana posijano u vodene ekstrakte donor vrste *Ailanthus altissima* nije ostvarilo srednju klijavost (t_{50}), odnosno ni kod jednog od navedenih ekstrakata nije ostvareno 50 % klijavosti populacije.

5. RASPRAVA

Rezultati istraživanja u skladu su s postavljenim hipotezama da primjena vodenih ekstrakata biljnih dijelova invazivnih drvenih vrsta *Reynoutria japonica* i *Ailanthus altissima* ima inhibirajući učinak na klijavost i početni rast istraživanih korovnih vrsta *Ambrosia artemisiifolia* i *Echinochloa crus-galli*. Uspoređujući dvije donor vrste te njihov utjecaj na testne vrste utvrđeno je da je *Ailanthus altissima* jače inhibirao početni rast i razvoj vrsta *Ambrosia artemisiifolia* i *Echinochloa crus-galli* u svim istraživanim parametrima. Nadalje, utvrđena je razlika i u učinku različitih biljnih organa obje istraživane donor vrste pritom su podanak i stabljika *Ailanthus altissima* imali najjači inhibitorni učinak na istraživane parametre korovne vrste *Ambrosia artemisiifolia*. Kod vrste *Echinochloa crus-galli* navedeni organi imali su jednako dobar učinak. Dodatno, kod koštana dobar inhibirajući učinak ostvaruje vodeni ekstrakt lista vrste *Ailanthus altissima*. Biljni dijelovi list i stabljika donor vrste *Reynoutria japonica* postigli su jači inhibirajući učinak na neke istraživane parametre (duljinu radikule i koleptile) vrstu *Echinochloa crus-galli*.

U ovom istraživanju utvrđeno je da je vodeni ekstrakt podanka *Ailanthus altissima* efikasniji od vodenog ekstrakta lista *Ailanthus altissima*. Rezultati su u skladu s istraživanjem (De Feo i sur., 2003.) u kojem je istraživani utjecaj ekstrakata listova i podanaka *Ailanthus altissima* otopljenih u raznim otapalima na klijavost, rast i razvoj sjemenaka rotkvice (*Raphanus sativus* L. cv. Saxa) i kres salate (*Lepidium sativum* L. cv. Inglese). Najbolji rezultati su utvrđeni u tretmanu vodenom otopinom podanka *Ailanthus altissima* koji je potpuno inhibirao klijanje rotkvice (100,0 %) i rast radikule (100,0 %). Vodeni ekstrakt lista *Ailanthus altissima* korišten u istraživanju De Feo i sur. (2003.) pokazao se uspješnijim od vodenog ekstrakta lista *Ailanthus altissima* korišten u ovom istraživanju inhibirajući klijavost sjemenke rotkvice za 65,0 % i rast radikule za 88,4 %. Moguće objašnjenje za takvu razliku je različita testirana biljna vrsta. Također je testiran i utjecaj čistih kemijskih spojeva nađenih u *Ailanthus altissima* na klijavost rotkvice i rast radikule. Najbolje rezultate pokazao je aianton sa inhibicijom klijavosti od 88,0 % i inhibicijom rasta radikule od 87,2 %. Iako u ovom istraživanju nije provedeno ispitivanje utjecaja čistog aiantona na klijavost i parametre ranog rasta testnih vrsta, vodeni ekstrakti lista i podanka vrste *Ailanthus altissima* imali su 100%-tni učinak na duljinu radikule kod vrste *Echinochloa crus-galli* što potvrđuje uz već navedeno da vodeni ekstrakti spoemutog organa imaju jači inhibitorni učinak od samog čistog alelopatskog spoja.

U sličnom istraživanju (Heisey, 1990a.) utvrđeno je da je kora podanka *Ailanthus altissima* 20 puta fitotoksičnija od lista. Istraživan je alelopatski utjecaj različitih dijelova tkiva vrste *Ailanthus altissima* (podanak i lista) na klijavost i rast kres salate te je usporedno istraživani utjecaj tih istih dijelova tkiva *Ailanthus altissima* koja su ekstrahirana metanolom na klijavost i rast kres salate. U istraživanju je utvrđeno da su neekstrahirani dijelovi podanka bili efikasniji u inhibiciji klijavosti i rasta kres salate od metanolom ekstrahiranih dijelova podanka. Povećanjem dodane količine neekstrahiranog podanka *Ailanthus altissima* u posude sa sjemenkama povećalo je njegov inhibitorni utjecaj. Suprotno tome, čini

se da se povećanjem količine ekstrahiranog podanka *Ailanthus altissima* u posudama sa sjemenkama smanjio njegov inhibitorni utjecaj. Kod liski, neekstrahirane i metanolom ekstrahirane liske nisu značajno smanjile klijavost sjemenaka kres salate te su u manjoj mjeri smanjile biomasu kres salate.

Osim ovih test vrsta, istraživana je utjecaj različitih doza ailantona na klijanje i rast oštrodлакavog šćira (*Amaranthus retroflexus*), kres salate (*Lepidium sativum*), teofrastova mračnjaka (*Abutilon theophrasti* Medik.), sivog muhara (*Setaria pumila*), koštana (*Echinochloa-crus galli*) i kukuruza (*Zea mays* L.). Pri najvećoj dozi od 8 kg/ha aktivne tvari primijenjena prije klijanja, klijavost oštrodлакavog šćira pala je sa 88 % (kontrola) na 12 %, a biomasa se smanjila za 93 %; klijavost kres salate pala je sa 74 % na 0 % klijavosti, a biomasa se potpuno smanjila za 100 %; klijavost teofrastova mračnjaka pala je sa 92 % na 0 %, a biomasa se potpuno smanjila za 100 %; klijavost sivog muhara se smanjila sa 69 % na 13 %, a biomasa se smanjila za 94 %; klijavost koštana smanjila se sa 95 % na 0 %, a biomasa se smanjila za 100% te se klijavost kukuruza smanjila sa 81 % na 11 %, a biomasa se smanjila za 97 % (Heisey, 1996.). Testiran je i učinak vodenih otopina praškastih ekstrakata dijelova pajasena (list, plod, podanak) na klijavost i rast rotkvice (*Raphanus sativus*). Utvrđeno je HPLC analizom u 0,5 mg od svakog praškastog ekstrakta nalazi najviša koncentracija ailantona od 387 µg/ml (Matteo Caser i sur., 2020.)

Istraživanje utjecaja vodenih otopina listova i podanaka nekoliko različitih vrsta dvornika, *Reynoutria japonica*, *Reynoutria sachalinensis* i *Reynoutria x bohemica*, na klijavost sjemenki *Urtica dioica* L., *Lepidium sativum* L. i *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth provedeno je u klima komori. Vodene otopine podanaka svih triju vrsta roda nisu imale nikakav značajan učinak na klijavost sjemenki testiranih vrsta. Vodena otopina lista vrste *Reynoutria japonica* pri koncentraciji otopine od 2,5 % povećala je klijavost koprive s 69,6 % na 73,2 % dok je pri koncentraciji od 5 % smanjila klijavost od 69,6 % na 67,6 %. Kod vrste *Calamagrostis epigejos* vodena otopina listova japanskog dvornika koncentracije od 2,5 % povećala je klijavost s 89,6 % na 96 %, a pri koncentraciji od 5% klijavost se smanjila s 89,6 % na 72,8 %. Pri koncentraciji vodene otopine listova japanskog dvornika od 2,5% klijavost *Lepidium sativum* pala je sa 100,0 % na 96,0 %, a pri koncentraciji od 5,0 % klijavost je pala sa 100,0 % na 96,8 %. Vidljivo je da i vodene otopine listova japanskog dvornika nemaju značajan inhibitorni utjecaj na klijavost tih vrsta, štoviše vidimo da u određenim koncentracijama potiče klijanje sjemenki. Vrijedno je napomenuti da je vodeni ekstrakt listova *Reynoutria x bohemica* imao veći inhibicijski učinak na sve tri testirane vrste od vrste *Reynoutria japonica* odnosno japanskog dvornika što može poslužiti u budućim istraživanjima alelopatskih utjecaja biljaka iz roda *Reynoutria* (Moravcová i sur., 2011.). Kao što je već spomenuto u ovom istraživanju gdje su primijenjeni vodeni ekstrakti različitih biljnih organa vrste *Reynoutria japonica* inhibirajući učinka nije bio značajan kod vrste *Ambrosia artemisiifolia* dok je u nekim istraživanim parametrima učinak bio vidljiv kod vrste *Echinochloa crus-galli*. S obzirom na sve navedeno mogući razlog slabijeg učinka ove vrste jest osjetljivost test vrste na sastav i koncentraciju vodenih ekstrakata. Nadalje, usprkos alelopatskih svojstava japanskog dvornika otkriveno je da uspjeh japanskog dvornika u osvajanju novog teritorija

najviše ovisan u direktnoj kompeticiji s drugim biljnim vrstama za resurse. Također, je utvrđeno da tlo u kojem su rasli japanski dvornici nije imalo negativan utjecaj na testirane biljke *Trifolium repens* i *Lolium perenne* (Mincheva i sur., 2016.).

U ovom istraživanju, utvrđeno je da su svi tretmani vodenih ekstrakata vrste *Ailanthus altissima* (list, stabljika, podanak) inhibirali klijavost sjemena korovne vrste *Echinochloa crus-galli*, pri čemu su najveću redukciju klijavosti uzrokovali vodeni ekstrakt podanka i lista. Mnogi autori u sličnim istraživanjima potvrđuju da je podanak žljezdastog pajasena, biljni organ koji sadrži najviše alelokemikalija (Heisey, 1990a.). Vodena otopina podanka pajasena ima snažan herbicidni učinak i prije i nakon nicanja biljaka (Heisey, 1996). Dokazana je herbicidna aktivnost ailantona iz podanka *Ailanthus altissima* na korovnu vrstu koštan (*Echinochloa crus-galli*) (Novak i Novak, 2019.), što je u skladu s ovim istraživanjem, ali također i na korovnu vrstu sivog muhar (*Setaria pumila*) (Heisey, 1990b.), također uskolisnu vrsta iz porodice Poaceae. Prema istraživanjima (Saxena, 2002.; Heisey i Heisey, 2003.) izolirani ailanton primijenjen na sjeme ima herbicidno djelovanje i na druge vrste iz roda muhara (*Setaria spp.*). Isti učinak je utvrđen i na širokolisne vrste oštrodlakavi šćir (*Amaranthus retroflexus*), europski mračnjak (*Abutilon theophrasti*), primjenom na sjeme (prije nicanja – pre emergence) i list (poslije nicanja – post-emergence) (Heisey, 1990b.). Ailanton je također snažno inhibirao rast *Lepidium sativum* (Heisey, 1990a.; Heisey, 1996), a vodeni ekstrakti dobiveni iz vrste *Ailanthus altissima* u potpunosti su inhibirali klijavost sjemena vrste *Brassica napus* 0 % (Bostan i sur., 2014.).

Potencijal korištenja u daljnjim istraživanjima izolacije aktivnih spojeva iz biljnih dijelova donor vrsta prema utvrđenim učincima ostvarenim u ovom istraživanju iskazuje podanak i stabljika vrste *Ailanthus altissima*. Buduća istraživanja u smjeru suzbijanja korovnih vrsta *Ambrosia artemisiifolia* i *Echinochloa crus-galli* primjenom vrste *Ailanthus altissima* pokazuju najveći potencijal inhibicije rasta te je idući korak folijarna primjena istih vodenih ekstrakata u plasteničkim pokusima.

6. ZAKLJUČCI

Temeljem provedenog istraživanja alelopatskog utjecaja drvenastih invazivnih vrsta *Reynoutria japonica* i *Ailanthus altissima* na klijanje i početni rast korovnih vrsta *Ambrosia artemisiifolia* i *Echinochloa crus-galli* može se zaključiti da:

1. Svi vodeni ekstrakti donor vrsta inhibirali su istraživane parametre kod vrste *Ambrosia artemisiifolia*.
 - a. Najveća redukcija klijavosti sjemena ambrozije utvrđena je kod tretmana vodenog ekstrakta podanka (92,8 %) i stabljike (84,4 %), dok je tretman lista obje donor vrste najmanje reducirao klijavost.
 - b. Najveća redukcija duljine radikule ambrozije utvrđena je kod tretmana vodenog ekstrakta podanka (97,6 %) i stabljike (96,8 %), dok je tretman lista vrste *Reynoutria japonica* najmanje reducirao duljinu radikule (7,8 %).
 - c. Najveća redukcija duljine hipokotila ambrozije utvrđena je kod svih tretmana (< 98,9 %) osim kod vodenog ekstrakta lista vrste *Reynoutria japonica* (15,9 %).
 - d. Najveća redukcija suhe mase ambrozije utvrđena je kod tretmana vodenog ekstrakta podanka (73,9 %) vrste *Ailanthus altissima*, dok je tretman lista vrste *Reynoutria japonica* najmanje reducirao suhu masu ambrozije (18,4 %).
 - e. Najizraženiji inhibitorni utjecaj na dinamiku klijanja ambrozije zabilježen je kod tretmana vodenog ekstrakta podanka vrste *Ailanthus altissima*.
2. Svi vodeni ekstrakti donor vrsta reducirali su klijavost sjemena i suhu masu kod vrste *Echinochloa crus-galli*. Tretman vodenog ekstrakta podanka vrste *Reynoutria japonica* nije reducirao duljinu radikule niti koleoptile koštana.
 - a. Najveća redukcija klijavosti sjemena koštana utvrđena je kod tretmana vodenog ekstrakta podanka (98,9 %) i lista (99,2 %) vrste *Ailanthus altissima*.
 - b. Najveća redukcija duljine radikule koštana utvrđena je kod tretmana vodenog ekstrakta podanka i lista (100,0 %) vrste *Ailanthus altissima*.
 - c. Najveća redukcija duljine koleoptile koštana utvrđena je kod tretmana vodenog ekstrakta podanka i lista (100,0 %) vrste *Ailanthus altissima*.
 - d. Najveća redukcija suhe mase koštana utvrđena je kod tretmana vodenog ekstrakta podanka i lista (100,0 %) vrste *Ailanthus altissima*,
 - e. Najizraženiji inhibitorni utjecaj na dinamiku klijanja koštana zabilježen je kod tretmana vodenog ekstrakta lista vrste *Ailanthus altissima*.

7. ZAHVALE

Na kraju pisanja ovog rada, koji nas je odveo na svojevrsno putovanje nezamislivim prostranstvima i koji je sve nas nedvojbeno oplemenio, želimo od srca zahvaliti.

Idejnoj začetnici, zvijezdi vodilji, prštavoj iskri radosti i blaženoj ruci pomirenja, mentorici dr. sc. Valentini Šoštarčić koja nam je stvorila priliku da povjerujemo da smo stvoreni za velike stvari, koja nas je uspjela okupiti u cjelokupnoj našoj različitosti i održati kroz sve turbulencije osobnog rasta i dovesti nas do osobnog zadovoljstva – najljepša hvala. Beskrajno cijenimo Vaše predano vodstvo, svaki savjet i sugestiju te velikodušnu pomoć tijekom provođenja istraživanja i pisanja ovog znanstvenog rada.

Šarmantnoj asistentici nepokolebljivog duha, bedemu snage i sposobnosti, glasu pravde i razuma, Lauri Pismarović, mag. ing. agr., koja nam je požrtvovno darovala svoje vrijeme i znanje te sudjelovala u čitavom procesu od provođenja pokusa, preporuka za pisanje rada do njegove realizacije – velika hvala.

Našoj zamjenskoj majci, ženi i kraljici, Dragojki Brzoi, dipl. ing. agr., koja nam je pripremila dio materijala za rad te svojom nesebičnom prisutnošću nadgledala rad i uvijek bila spremna uputiti riječi podrške – velika hvala. Vedrina Vašeg bića ostat će duboko urezana u našim srcima.

Poštovanoj i dragoj izv. prof. dr. sc. Maji Šćepanović, voditeljici izvannastavne aktivnosti 'Čudesni svijet korova' koja nam je osigurala financijska sredstva za rad – hvala. Zahvaljujemo Vam i na svim korisnim sugestijama za vrijeme pisanja rada. Svojim znanjem i iskustvom u pisanju radova nagrađenih Rektorovom nagradom doprinjeli ste poboljšanju kvalitete ovog rada.

Kolegama koji su na terenskoj nastavi iz predmeta Invazivni štetni organizmi u poljoprivredi dijelom skupili biljne dijelove koji su korišteni u istraživanju, također hvala.

Zahvaljujemo svima koji su sudjelovali u bilo kojem od segmenata istraživanja i pisanja. Vaše riječi, misli i ideje izvor su neiscrpne inspiracije da se nastavimo baviti proučavanjem tematike istraživanog područja.

S obzirom na to da smo rad finalizirali zajedničkim snagama, iskreno hvala kolegama koji su uvijek bili međusobna podrška jedni drugima, međusobno smo dokazali da smo puno više od onoga što smo mislili.



Prvi red s lijeva na desno: Mateja Pišonić, Dasen Višić, Igor Petriško, Tin Bulić, Karlo Tot, Leon Slaven Šušnjar, Luka Keran

Drugi red s lijeva na desno: Ema Bubalo, Andrijana Oreški, Laura Pavić, Silvija Martinčić, Mateo Kovač, Martina Stvorić

„Jezik prijateljstva nisu riječi, već značenja.“ (Henry David Thoreau)

Autori

9. POPIS LITERATURE

1. Abbott W.S. (1925). A Method of Computing the Effectiveness of an Insecticide, *Journal of Economic Entomology*. 18 (2): 265–267.
2. Adkins S. W., McClay A., Bajwa A. A. (2019). Biology and ecology. In *Parthenium weed: biology, ecology and management*. Wallingford UK: CAB International. 7-39.
3. Afonin A. N., Luneva N. N., Fedorova Y. A., Kletchkovskiy Y. E., Chebanovskaya A. F. (2018). History of introduction and distribution of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) in the European part of the Russian Federation and in the Ukraine. *Eppo Bulletin*. 48(2): 266-273.
4. Albuquerque M. B., Santos R. C., Lima L. M., Melo Filho P. de A., Nogueira R. J. M. C., Câmara C. A. G., Ramos A. (2010). Allelopathy, an alternative tool to improve cropping systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 31(2): 379–395.
5. Alvesa I. A. B. S., Mirandab H. M., Soares L. A. L., Randaua K. P. (2014). Simaroubaceae family: botany, chemical composition and biological activities. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*. 24: 481-501.
6. An M., Pratley J., Haig T. (1998). Allelopathy: From concept to reality. In *Proceedings of the 9th Australian agronomy conference*. Wagga, Australia: Australian Agronomy Society. 563–566.
7. Bajwa A. A., Jabran K., Shahid M., Ali H. H., Chauhan B. S. (2015). Eco-biology and management of *Echinochloa crus-galli*. *Crop Protection*. 75: 151-162.
8. Barić K., Ostojić Z. (2017). Opis problema rezistentnosti korova na herbicide. *Glasilno biljne zaštite*. 17(5): 485-493.
9. Beerling D. J., Bailey J. P., Conolly A. P. (1994). *Fallopia japonica* (Houtt.) ronse decreaene. *Journal of Ecology*. 82(4): 959-979.
10. Behrendt H., Ring J. (2012). Climate change, environment and allergy. In *New trends in allergy and atopic eczema*. Karger Publishers. 96: 7-14.
11. Belz R. G., Duke S. O., Hurler K. (2005). Dose-response – a challenge for allelopathy. *Nonlinearity in Biology, Toxicology and Medicine*. 3: 173-211.
12. Bitarafan Z., Kaczmarek-Derda W., Berge T. W., Tørresen K. S., Fløistad I. S. (2022). Soil steaming to disinfect barnyardgrass-infested soil masses. *Weed Technology*. 36(1): 177-185.
13. Bostan C., Borlea F., Mihoc C., Selesan M. (2014). *Ailanthus altissima* species invasion on biodiversity caused by potential allelopathy. *Research Journal of Agricultural Science*. 46(1): 95-103.
14. Brandes D., Nitzsche J. (2006). Biology, introduction, dispersal, and distribution of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) with special regard to Germany. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes*. 58(11): 286-291.

15. Brijačak E., Koščak L., Šoštarčić V., Kljak K., Šćepanović M. (2020) Sensitivity of yellow foxtail (*Setaria glauca* L.) and barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* L.) to aqueous extracts or dry biomass of cover crops. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 100: 5510–5517.
16. Caser M., Demasi S., Caldera F., Kumar Dhakar N., Trotta F., Scariot V. (2020). Activity of *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle Extract as a Potential Bioherbicide for Sustainable Weed Management in Horticulture. *Agronomy*. (10)7: 965.
17. Chin D. V. (2001). Biology and management of barnyardgrass, red sprangletop and weedy rice. *Weed Biology and Management*. 1(1): 37-41.
18. Colleran B., Lacy S. N., Retamal M. R. (2020). Invasive Japanese knotweed (*Reynoutria japonica* Houtt.) and related knotweeds as catalysts for streambank erosion. *River Research and Applications*. 36(9): 1962-1969.
19. Chauhan B. S., Johnson D. E. (2011). Ecological studies on *Echinochloa crus-galli* and the implications for weed management in direct-seeded rice. *Crop Protection*. 30(11): 1385-1391.
20. De Feo V., De Martino L., Quaranta E., Pizza C. (2003). Isolation of phytotoxic compounds from tree-of-Heaven (*Ailanthus altissima* Swingle). *Agricultural and Food Chemistry*. 51 (5): 1177-1180.
21. Del Tredici P. (2017). The introduction of Japanese knotweed, *Reynoutria japonica*, into North America. *The Journal of the Torrey Botanical Society*. 144(4): 406-416.
22. Desjardins S. D., Bailey J. P., Zhang B., Zhao K., Schwarzacher T. (2023). New insights into the phylogenetic relationships of Japanese knotweed (*Reynoutria japonica*) and allied taxa in subtribe Reynoutriinae (Polygonaceae). *PhytoKeys*. 220: 83-108.
23. Dorigo W., Lucieer A., Podobnikar T., Čarni A. (2012). Mapping invasive *Fallopia japonica* by combined spectral, spatial, and temporal analysis of digital orthophotos. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 19: 185-195.
24. Duke S. O., Dayan F. E., Romagni J. G., Rimando A. M. (2000). Natural products as sources of herbicides: current status and future trends. *Weed Research*. 40: 99-111.
25. Duke S. O., Rimando A. M., Bearson S. R., Scheffler B. E., Ota E., Belz R. G. (2002). Strategies for the use of natural products for weed management. *Journal of Pest Science*. 27: 298-306.
26. Essl F., Biró K., Brandes D., Broennimann O., Bullock J. M., Chapman D. S., Chauvel B., Dullinger S., Fumanal B., Guisan A., Karrer G., Kazinczi G., Kueffer C., Laitung B., Lavoie C., Leitner M., Mang T., Moser D., Müller-Schärer H., Petitpierre B., Richter R., Schaffner U., Smith M., Starfinger U., Vautard R., Vogl G., von der Lippe M., Follak, S. (2015). Biological flora of the British Isles: *Ambrosia artemisiifolia*. *Journal of Ecology*. 103(4): 1069-1098.
27. Fan P. H., Hay A. E., Marston A., Hostettmann K. (2009). Allelopathic potential of phenolic constituents from *Polygonum cuspidatum* Sieb. & Zucc (Polygonaceae). *Planta Medica*. 75: 928.

28. Frantík T., Kovářová M., Koblihová H., Bartůňková K., Nývltová Z., Vosátka M. (2013). Production of medically valuable stilbenes and emodin in knotweed. *Industrial Crops and Products*. 50: 237–243.
29. Garner W. W., Allard H. A. (1920). Effect of relative length of day and night and other factors of the environment on growth and reproduction in plants. *Journal of Agricultural Research*. 18: 533–606.
30. Heap I. (2023). The International Herbicide-Resistant Weed Database., pristupljeno 25.04.2023. Available www.weedscience.org
31. Heisey R. M. (1990 a). Evidence for allelopathy by tree-of-heaven (*Ailanthus altissima*). *Journal of Chemical Ecology*. 16: 2039-2055.
32. Heisey R. M. (1990 b). Allelopathic and herbicidal effect of extracts from tree of heaven (*Ailanthus altissima*). *American Journal of Botany*. 77 (5): 662-670.
33. Heisey R. M. (1996). Identification of an allelopathic compound from *Ailanthus altissima* (Simaroubaceae) and characterization of its herbicidal activity. *American Journal of Botany*. 83(2): 192-200.
34. Heisey R. M. (1997). Allelopathy and the secret life of *Ailanthus altissima*. *Arnoldia*. 57(3): 28-36.
35. Heisey R. M. (1997). Potential of ailanthone, an allelochemical from *A. altissima*, as a natural product herbicide. In: Book of abstracts of the 24th ACS national meeting, Las Vegas. 7–11.
36. Heisey R. M., Heisey T. K. (2003). Herbicidal effects under field conditions of *Ailanthus altissima* bark extract, which contains ailanthone. *Plant and Soil*. 256 (1): 85-99.
37. Honěk A., Martinková, Z. (1996). Geographic variation in seed dormancy among populations of *Echinochloa crus-galli*. *Oecologia*. 108(3): 419-423.
38. Hu S.Y. (1979). *Ailanthus*. *Arnoldia*. 39: 29–50.
39. Hunter J. (2000). *Ailanthus altissima* (Miller) Swingle. In: Bossard C. C., Randall J. M., Hoshovsky M. C. (Eds.), *Invasive Plants of California's Wildlands*. University of California Press, Berkeley. 32-36.
40. ISTA (2020) – International Rules for Seed Testing. Full Issue, https://www.seedtest.org/en/international-rules-for-seedtesting-_content---1--1083.html, accessed 16. 9. 2020.
41. Iwakami S., Hashimoto M., Matsushima K., Watanabe H., Hamamura K., Uchino A. (2015). Multiple-herbicide resistance in *Echinochloa crus-galli* var. *formosensis*, an allohexaploid weed species, in dry-seeded rice. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 119: 1-8.
42. Kalisz S., Kivlin S.N., Bialic-Murphy L. (2021). Allelopathy is pervasive in invasive plants. *Biological Invasions*. 23: 367-371.
43. Kazinczi G., Béres I., Novák R., Bíró K., Pathy Z. (2008). Common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*): a review with special regards to the results in Hungary. I. Taxonomy, origin and distribution, morphology, life cycle and reproduction strategy. *Herbologia*. 9(1): 55-91.

44. Kropff M. J., Vossen F. J. H, Spitters C. J. T, Groot De W. (1984). Competition between a maize crop and a natural population of *Echinochloa crus-galli* (L.). Netherlands Journal of Agricultural Science. 35: 324-327.
45. Kunz C., Sturm D. J., Varnholt D., Walker F., Gerhards R. (2016), Allelopathic effect and weed suppressive ability of cover crops. Plant Soil Environment. 62: 60-66.
46. Lauche R. (1936). Dendrologisches aus Bonn und Umgebung. Mitteilungen der Deutschen dendrologischen gesellschaft. Ges. 48: 143-145.
47. Lawrence J. G., Colwell A., Sexton O. J. (1991). The ecological impact of allelopathy in *Ailanthus altissima* (Simaroubaceae). American journal of Botany. 78(7): 948-958.
48. Little S. (1974). *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle. Ailanthus. In: Schopmeyer, C.S. (Ed.), Seeds of Woody Plants in the United States. US Department of Agriculture, Forest Service, Washington. Str. 201-202.
49. Lopez-Martinez N., Marshall G., De Prado R. (1997). Resistance of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) to atrazine and quinclorac. Pesticide Science. 51(2): 171-175.
50. Makra L., Juhász M., Bécszi R., Borsos E. (2005). The history and impacts of airborne *Ambrosia* (Asteraceae) pollen in Hungary. Grana. 44: 57-64.
51. Maurel N., Salmon S., Ponge J. F., Machon N., Moret J., Muratet A. (2010). Does the invasive species *Reynoutria japonica* have an impact on soil and flora in urban wastelands? Biological invasions 12(6): 1709-1719.
52. Mincheva T., Barni E., Siniscalco C. (2016). From plant traits to invasion success: Impacts of the alien *Fallopia japonica* (Houtt.) Ronse Decraene on two native grassland species. Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology. 150(6): 1348-1357.
53. Moravcová L., Pyšek P., Jarošík V., Zákavský P. (2011). Potential phytotoxic and shading effects of invasive *Fallopia* (Polygonaceae) taxa on the germination of native dominant species. NeoBiota. 9: 31-47.
54. Murrell C., Gerber E., Krebs C., Parepa M., Schaffner U., Bossdorf O. (2011). Invasive knotweed affects native plants through allelopathy. American Journal of Botany. 98(1): 38-43.
55. Mushtaq W., Ain Q., Siddiqui M. B. (2018). Screening of allelopathic activity of the leaves of *Nicotiana plumbaginifolia* Viv. on some selected crops in Aligarh, Uttar Pradesh, India. International Journal of Photochemistry and Photobiology. 2(1): 1-4.
56. Nikolić T. (2023): Flora Croatica baza podataka (<http://hirc.botanic.hr/fcd>). Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu (datum pristupa: 25.04.2023.)
57. Nikolić T., Mitić B., Boršić I. (2014). Flora Hrvatske invazivne biljke. Alfa d.d, Zagreb. Str. 57-59.
58. Nirmal Kumar J. I., Amb M. K., Bora A. (2010). Chronic response of *Anabaena fertilissima* on growth, metabolites and enzymatic activities by chlorophenoxy herbicide. Pesticide Biochemistry and Physiology. 98(2): 168–174.

59. Norris R. F. (1992 a). Case history for weed competition/population ecology: barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) in sugarbeets (*Beta vulgaris*). Weed Technology. 6(1): 220-227.
60. Norris R. F. (1992 b). Relationship between inflorescence size and seed production in barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). Weed Science. 40(1): 74-78.
61. Norris R. F. (1996). Morphological and phenological variation in barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) in California. Weed Science. 44(4): 804-814.
62. Novak M., Novak N. (2019). Alelopatski utjecaj pajasena (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) na početni porast korovne vrste koštan (*Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv.). Fragmenta phytomedica. 33(4): 58-72.
63. Novak M., Novak N., Milinović B. (2021). Differences in allelopathic effect of tree of heaven root extracts and isolated ailanthone on test-species. Journal of Central European Agriculture. 22(3): 611-622.
64. Novak N., Kravarščan M. (2014). Pajasen (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) – strana invazivna biljna vrsta u Hrvatskoj, Glasilo biljne zaštite. 3: 254-261.
65. Novak N., Novak M., Barić K., Šćepanović M., Ivić D. (2018). Alelopatski potencijal segetalnih i ruderalnih invazivnih alohtonih biljnih vrsta. Journal of Central European Agriculture. 19(2): 408-422.
66. Onofri A., Mesgaran M., Ritz C. (2022). A unified framework for the analysis of germination, emergence, and other time-to-event data in weed science. Weed Science. 70(3): 259-271.
67. Ostojić Z. (2005). Limundžik (Ambrozija)-kako suzbiti opasnu pridošlicu. Gospodarski list. 8: 57.
68. Ostojić Z. (2011). Naši nenasni korovi-Koštan zakorovljuje gotovo sve kulture. Gospodarski list. 168(1): 13-13.
69. R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
70. Rao A. N. (2021). *Echinochloa colona* and *Echinochloa crus-galli*. In Biology and Management of Problematic Crop Weed Species, Academic Press. 197-239.
71. Rawat L. S., Maikhuri R. K., Bahuguna Y. M., Jha N. K., Phondani P. C. (2017). Sunflower allelopathy for weed control in agriculture systems. Journal of Crop Science and Biotechnology. 20(1): 45-46.
72. Reigosa M. J., Souto X. C., Gonz L. (1999). Effect of phenolic compounds on the germination of six weeds species. Plant Growth Regulation. 28(2): 83-88.
73. Rice E. L. (1984). Allelopathy. 2nd edition. Academic Press, Orlando, Florida. Str. 422.
74. Saxena D. B. (2002). Utilization of allelopathy in weed management. Indian Agricultural Research Institute, New Delhi. 110: 012.
75. Schaffner, U., Steinbach S., Sun Y., Skjøth C. A., de Weger L. A., Lommen S. T., Augustinus B. A., Bonini M., Karrer G., Šikoparija B., Thibaudon M., Müller-Schärer H. (2020). Biological weed

- control to relieve millions from *Ambrosia* allergies in Europe. *Nature Communications*. 11(1): 1745.
76. Singh H. P., Batish D. R., Kohli R. K. (2001). Allelopathy in Agroecosystems: An Overview. *Journal of Crop Production*. 4(2): 1-41.
 77. Small C. J., White D. C., Hargbol B. (2010). Allelopathic influences of the invasive *Ailanthus altissima* on a native and a non-native herb1, 2. *The Journal of the Torrey Botanical Society*. 137(4): 366-372.
 78. Stefanowicz A. M., Kapusta P., Stanek M., Fraç M., Oszust K., Woch M. W., Zubek S. (2021). Invasive plant *Reynoutria japonica* produces large amounts of phenolic compounds and reduces the biomass but not activity of soil microbial communities. *Science of the Total Environment*. 767: 145439.
 79. Šćepanović M., Šoštarić V., Pintar A., Lakić J., Klara B. (2020). Pojava rezistentnih populacija korova na herbicide inhibitore acetolaktat-sintaze u Republici Hrvatskoj. *Glasilo biljne zaštite*. 20(6): 628-640.
 80. Šerá B. (2007). Effects of soil substrate contaminated by knotweed leaves on seed development. *Data Processing*. *Polish Journal of Environmental*. 21(3): 713-717.
 81. Šoln K., Horvat M., Iskra J., Dolenc Koce J. (2022). Inhibitory effects of methanol extracts from *Fallopia japonica* and *F. × bohemica* rhizomes and selected phenolic compounds on radish germination and root growth. *Chemoecology*. 32(4-5): 159-170.
 82. Talbert R. E., Burgos N. R. (2007). History and management of herbicide-resistant barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) in Arkansas rice. *Weed Technology*. 21(2): 324-331.
 83. Vitanyi B., Makra L., Juhasz M., Borsos E., Beczi R., Szentpeteri M. (2003). Ragweed pollen concentration in the function of meteorological elements in the south-eastern part of Hungary, *Acta climatologica et chorologica*, Tom. 36-37: 121-130.
 84. Vrbničanin S. (2020). Rezistentnost korova na herbicide. *Acta herbologica*. 29(2): 79-96.
 85. Vrchotová N., Šerá B. (2008). Allelopathic properties of knotweed rhizome extracts. *Plant Soil and Environment Journal*. 54 (7), 301-303.
 86. Weidenhamer J. D. (2008). Allelopathic mechanisms and experimental methodology. U: *Allelopathy in Sustainable Agriculture and Forestry*. Springer, New York, NY. 412.
 87. Willemsen, R. W. (1975). Effect of stratification temperature and germination temperature on germination and the induction of secondary dormancy in common ragweed seeds. *American Journal of Botany*. 62(1): 1-5.
 88. Woch M. W., Kapusta P., Stanek M., Zubek S., Stefanowicz A. M. (2021). Functional traits predict resident plant response to *Reynoutria japonica* invasion in riparian and fallow communities in southern Poland. *AoB Plants*, 13(4): 1-11.
 89. Wu H., Pratley J., Lemerle D., Haig T., An M. (2001). Screening methods for the evaluation of crop allelopathic potential. *The Botanical Review*. 67(3): 403-415.

90. Zeman S., Fruk G., Jemrić T. (2011). Alelopatski odnosi biljaka: pregled djelujućih čimbenika i mogućnost primjene. Glasnik zaštite bilja. 34(4): 52-59.

9. SAŽETAK

Martina Stvorić, Leon Slaven Šušnjar, Tin Bulić, Mateo Kovač, Mateja Pišonić, Karlo Tot, Luka Keran, Andrijana Oreški, Ema Bubalo, Silvija Martinčić, Laura Pavić, Dasen Višić., Igor Petriško

Alelopatski utjecaj invazivnih drvenastih vrsta *Reynoutria japonica* Houtt. i *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle na klijanje i početni rast korovnih vrsta *Ambrosia artemisiifolia* L. i *Echinochloa crus-galli* L. (P. Beauv.)

Alelopatija je međusobna interakcija biljaka u kojoj biljka donor otpušta sekundarne metabolite, alelokemikalije, u okoliš koji pritom mogu imati poticajni ili inhibirajući učinak na susjedne biljke (receptor biljke). Danas se ovaj prirodni biološki fenomen ispituje zbog velikih potencijala alelopatskih biljnih vrsta u suzbijanju štetnika u poljoprivredi, a posebice u suzbijanju korova. Cilj istraživanja bio je utvrditi alelopatski potencijal dviju invazivnih drvenastih vrsta (donor vrsta) *Ailanthus altissima* i *Reynoutria japonica*, u suzbijanju korovnih vrsta (receptor ili test vrsta) *Ambrosia artemisiifolia* i *Echinochloa crus-galli*. Sjeme test vrsta posijano je u vodene ekstrakte lista, stabljike i podanka svake donor vrste zasebno. Inhibirajući potencijal donor vrsta ispitan je kroz parametre klijavost sjemena, duljina radikule (korijena), duljina koleoptile/hipokotila, masa suhих klijanaca te utvrđenu dinamiku klijanja. Rezultati su pokazali da su vodeni ekstrakti vrsta *Ailanthus altissima* i *Reynoutria japonica* imali snažan inhibirajući alelopatski učinak na testne vrste korova. Svi tretmani *Ailanthus altissima* značajno su reducirali mjerene parametre testne vrste *Echinochloa crus-galli*, a najviše podanak i list (> 98,9 %). Također, svi tretmani *Ailanthus altissima* značajno su reducirali mjerene parametre testne vrste *Ambrosia artemisiifolia*, a najviše podanak (73,9 – 100 %) i stabljika (47,7 – 100 %). U slučaju *Reynoutria japonica*, svi tretmani osim podanka reducirali su mjerene parametre testne vrste *Echinochloa crus-galli*, a najviše list i stabljika (do 80%). Također, tretmani vrste *Reynoutria japonica* značajno su reducirali mjerene parametre testne vrste *Ambrosia artemisiifolia*, a najviše podanak i stabljika (24 – 98,9 %). Ova istraživanja ukazuju na značajan alelopatski potencijal obje donor vrste u biološkom suzbijanju korova, pri čemu su tretmani vrste *Ailanthus altissima* pokazali jače inhibirajuće djelovanje od tretmana *Reynoutria japonica*. Primjena alelopatskih kemikalija iz ovih invazivnih vrsta može biti alternativa za suzbijanje korovnih vrsta što bi moglo biti posebno važno u svjetlu sve većeg pritiska na smanjenje upotrebe pesticida u poljoprivredi.

Ključne riječi: alelokemikalije, bioherbicid, invazivne vrste, japanski dvornik, korovi, žljezdasti pajasen

10. SUMMARY

Martina Stvorić, Leon Slaven Šušnjar, Tin Bulić, Mateo Kovač, Mateja Pišonić, Karlo Tot, Luka Keran, Andrijana Oreški, Ema Bubalo, Silvija Martinčić, Laura Pavić, Dasen Višić., Igor Petriško

Allelopathic potential of invasive woody species *Reynoutria japonica* Houtt. and *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle on germination and initial growth weed species *Ambrosia artemisiifolia* L. and *Echinochloa crus-galli* L. (P. Beauv.)

Allelopathy is the interaction between plants in which the donor plant releases secondary metabolites, allelochemicals, into the environment that can have a stimulatory or inhibitory effect on neighbouring plants (plants acceptors). This natural biological phenomenon is being studied today due to the great potential of allelopathic plant species for pest control in agriculture, especially for weed control. The objective of this study was to determine the allelopathic potential of two invasive woody plant species (donor species) *Ailanthus altissima* and *Reynoutria japonica* in controlling weed species (test species) *Ambrosia artemisiifolia* and *Echinochloa crus-galli*. Seeds of the test species were sown in water extracts of leaves, stems, and rhizomes of each donor species separately. The inhibitory potential of the donor species was evaluated using the parameters of seed germination, radicle (root) length, coleoptile/hypocotyl length, dry weight of seedlings, and observed germination dynamics. The results showed that aqueous extracts of *Ailanthus altissima* and *Reynoutria japonica* had a strong allelopathic inhibitory effect on the weed species tested. All treatments of *Ailanthus altissima* significantly reduced the measured parameters of the test species *Echinochloa crus-galli*, especially the root and leaf (> 98,9 %). In addition, all treatments of *Ailanthus altissima* significantly reduced the measured parameters of the test species *Ambrosia artemisiifolia*, especially the rhizome (73,9 – 100 %) and stem (47,7 – 100 %). For *Reynoutria japonica*, all treatments except rhizome significantly reduced the measured parameters of the test species *Echinochloa crus-galli*, mainly the leaf and stem (up to 80%). Similarly, treatments of *Reynoutria japonica* significantly reduced the measured parameters of the test species *Ambrosia artemisiifolia*, mainly the rhizome and stem (24 – 98,9 %). These studies indicate significant allelopathic potential of the two donor species in biological weed control, with *Ailanthus altissima* treatments showing stronger inhibitory effects than *Reynoutria japonica* treatments. The use of allelopathic chemicals from these invasive species could be an alternative for weed control, which may be particularly important given the increasing pressure to reduce pesticide use in agriculture.

Key words: allelochemicals, bioherbicide, invasive species, Japanese knotweed, tree of heaven, weeds

ŽIVOTOPISI AUTORA

Martina Stvorić rođena je 15.1.1994. u Zagrebu. Nakon završene Ženske opće gimnazije Družbe sestara milosrdnica s pravom javnosti u Zagrebu i završenog informatičkog ECDL tečaja upisuje Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet 2018. godine, prijediplomski studij Zaštita bilja. Godine 2021. nastavlja diplomski studij Fitomedicina, gdje trenutno studira. Tijekom studija razvija znanstvene interese u području zaštite bilja koje njeguje kroz nekoliko izvannastavnih grupa: Art u fitomikologiji, Entomološka grupa i Čudesni svijet korova. Aktivna je u sustavu tutorstva kolegama brucošima, piše članke za Gospodarski list, sudjeluje u promotivnim danima Fakulteta (Dan očaranosti biljkama, Smotra Sveučilišta), surađuje s Agronomskom školom u Zagrebu. Koautorica je dva znanstvena rada u obliku postera iz područja fitopatologije (Topolovec-Pintarić S., Stvorić M., Kovaček A-M., Grubišić B., Pošta A., Pole L., Mešić A. *Biological control of Sclerotinia sclerotiorum by Trichoderma atroviride in lettuce*, izložen na konferenciji *7th International Scientific Meeting; „Mycology, Mycotoxicology and Mycoses* i Topolovec-Pintarić S., Pošta A., Kušan I., Matočec N., Pole L., Stvorić M., Mešić A. *Biodiversity of the genus Trichoderma (Ascomycota, Fungi) in the Mediterranean region of Croatia*, izložen na konferenciji *International Conference on DNA Barcoding and Biodiversity*. Članica je Hrvatskog društva biljne zaštite, a slobodno vrijeme posvećuje životinjama te volontira u radionicama s djecom putem udruge Bioteka.

Leon Slaven Šušnjar rođen je 3. kolovoza 1999. u Zagrebu. Osnovno i srednjoškolsko obrazovanje završio je u Zagrebu. Maturirao je 2018. godine u Nadbiskupskoj klasičnoj gimnaziji s pravom javnosti u Zagrebu. Iste godine upisuje prijediplomski studij Zaštite bilja na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskom fakultetu. Diplomski studij Fitomedicine upisuje 2021. godine na istoimenom Fakultetu. Tokom studija priključuje se izvannastavnim grupama Art u fitomikologiji i Čudesni svijet korova.

Tin Bulić rođen je 20. siječnja 1999. u Zagrebu. Osnovnu školu završio je u Zagrebu 2014. godine i maturirao na Klasičnoj gimnaziji u Zagrebu 2018. godine. Godine 2019. započinje dvomjesečno volontiranje u Turskoj kao pomoćnik umjetnicima za njihove umjetničke instalacije. Nakon povratka u Hrvatsku počinje raditi za tvrtku UNP PLIN J.D.O.O. u Zagrebu od 2019. do 2020. godine te nalazi posao u tvrtki Eko Nomad D.O.O. u kojoj je radio od 2020. do 2021. Upisuje 2021.g. prijediplomski studij Hortikultura na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskom fakultetu, gdje trenutno studira. Aktivan je član izvannastavne aktivnosti Čudesni svijet korova.

Mateo Kovač rođen je 19. listopada 1999. godine u Čakovcu. Osnovnoškolsko obrazovanje završava u Domašincu, dok je srednjoškolsko obrazovanje završio u Gospodarskoj školi u Čakovcu. U srednjoj školi je dva puta sudjelovao u projektu mobilnosti Erasmus+ na kojem je obavljao stručnu praksu u trajanju od 14 dana, u Portugalu (2015. g.) i u Poljskoj (2017.g.). Godine 2018. upisuje prijediplomski studij Zaštite bilja na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskom fakultetu. Godine 2021. završava prijediplomski studij te upisuje diplomski studij Fitomedicine na istom Fakultetu, gdje trenutno studira. Aktivan je u izvannastavnim aktivnostima Entomološka grupa i Čudesni svijet korova.

Mateja Pišonić rođena je 19. veljače 2002. godine u Novoj Gradiški. Osnovnu školu Matija Antun Relković završava 2016. godine nakon koje upisuje Opću gimnaziju u Novoj Gradiški, a koju završava 2020. godine. Upisuje prijediplomski studij Fitomedicine na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskom fakultetu, gdje trenutno studira. Član je izvannastavne aktivnosti Čudesni svijet korova od 2022. godine, na kojoj sudjeluje u znanstvenim istraživanjima. Poznaje engleski jezik B2 razinu, a u svoje slobodno vrijeme voli pisati te čitati knjige.

Karlo Tot rođen je 10. lipnja 2000. godine u Zagrebu. Osnovnu školu pohađa od 2007. do 2015. godine u Zagrebu, 2015. godine upisuje XII. Opću gimnaziju u Zagrebu te završava istu 2019. godine. Prijediplomski studij Fitomedicine na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskom fakultetu upisuje 2020. godine. Tu pronalazi svoj interes te sudjeluje u raznim izvannastavnim aktivnostima koje su nude na tom fakultetu (Entomološka grupa, Čudesni svijet korova, Agrokemijska grupa). Radi na pisanju Završnog rada i planira završiti prijediplomski studij Fitomedicine te 2023. godine upisati diplomski studij Fitomedicine na istom Fakultetu.

Luka Keran rođen je 13. kolovoza 2001. godine u Zagrebu. Osnovnu školu završava 2016. godine i upisuje Nadbiskupsku klasičnu gimnaziju s pravom javnosti u Zagrebu gdje i maturira 2020. U tom razdoblju bavi se veslanjem te 2017. godine osvaja dvostruko treće mjesto na Hrvatskom veslačkom prvenstvu u disciplinama četverac s kormilarom i osmerac. Godine 2020. upisuje prijediplomski studij Fitomedicine na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskom fakultetu, gdje trenutno studira. Izvannastavnoj grupi Čudesni svijet korova pridružuje se 2022. godine.

Andrijana Oreški rođena je 16. kolovoza 1997. u Varaždinu. Upisuje srednju Graditeljsku, prirodoslovnu i rudarsku školu u Varaždinu 2013. koju završava titulom geološke tehničarke 2017. g. Svoj akademski put započinje u listopadu 2018. g. upisom prijediplomskog studija Ekološke poljoprivrede na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskom fakultetu, nakon čega 2020. g. nastavlja diplomski studij Hortikultura – vinogradarstvo i vinarstvo. Članica je studenata tutora, Studentskog zbora, Fakultetskog vijeća te je Studentska pravobraniteljica. Isto tako, članica je u izvannastavnim aktivnostima Vinarska grupa, Istraživačka grupa za analizu grožđa i vina te Čudesni svijet korova unutar koje piše stručne članke za Gospodarski list te sudjeluje u znanstvenim istraživanjima i umjetničkom izričaju. Koautorica je znanstvenog rada iz područja vinarstva (Atlija J., Budžaki A., Oreški A., Jagatić Korenika A-M. *Influence of different reducing agents on Graševina white wine aromatic profile*), koji u studenom 2022. osvaja priznanje za najbolju prezentaciju rada posterom na *46th Conference for Students of Agriculture and Veterinary Medicine with International Participation*. Završava 2020. godine Akademiju regionalnog razvoja i EU fondova. Stručnu praksu obavlja 2022. godine u Njemačkoj vinariji *Winegut Sonnenhof* gdje dodatno stječe znanja i vještine rada u vinariji. Ima tečaj napredne razine (Excel 2016). Odlično poznaje engleski jezik, a slobodno vrijeme posvećuje volontiranju i tjelesno zdravstvenom radu.

Emma Bubalo rođena je 16. svibnja 2001. godine u Zagrebu. Završila je osnovnu školu Mate Lovraka, te srednju školu Vladimira Preloga također u Zagrebu. Srednjoškolsko obrazovanje završila je maturiravši 2020. godine čime po struci postaje ekološki tehničar. Potom upisuje prijediplomski studij Fitomedicina na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskom fakultetu u akademskoj godini 2020./2021. Aktivna je u izvannastavnim aktivnostima Entomološka grupa i Čudesni svijet korova.

Silvija Martinčić je rođena 21. kolovoza 1992. godine u Zagrebu, gdje je završila osnovnu školu i prirodoslovo-matematičku gimnaziju, nakon koje upisuje Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet. Završava prijediplomski studij Agrarne ekonomike s temom Završnog rada 'Promjena agroklimatskih pokazatelja tijekom razdoblja 1961.-2018. na meterološkoj postaji Osijek' koji je uz mentorstvo izv. prof. dr. sc. Darije Bilandžije objavljen u Hrvatskom meterološkom časopisu 2021. godine. Trenutno studira na diplomskom studiju Agroekologije i od zimskoga semestra 2022. godine aktivno sudjeluje u radu izvannastavne aktivnosti Čudesni svijet korova. U slobodno vrijeme se bavi volontiranjem, od 2016. godine je aktivni volonter udruge 'Progovori autizam-širi ljubav', te posjeduje dvije diplome 'Son Rise' terapeuta sa edukacija Seana Fitzgeralda 'Otključajte potencijale svoga djeteta' održanih tokom 2018. i 2019. godine u Zagrebu. Uz studij i volontiranje, povremeno se bavi studentskim poslovima, a ostatak slobodnoga vremena uživa u boravku u prirodi, fotografiji, glazbi, druženju s prijateljima, odlascima na koncerte, te povremenim putovanjima.

Laura Pavić rođena je 5. lipnja 2001. godine u Schlierenu (Švicarska). Osnovnu školu Brda pohađa u Splitu nakon čega upisuje Turističko ugostiteljsku srednju školu koju završava 2020. godine. Tijekom srednjoškolskog obrazovanja sudjeluje u Erasmus + projektima i surađuje u projektima s turističkom zajednicom grada Splita. Akademске godine 2021./2022. upisuje prijediplomski studij Hortikulture na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskom fakultetu. Iste godine se uključuje u Klub studenata agronomije, Udrugu studenata agronomije i srodnih znanosti, te u izvannastavnu aktivnost Čudesni svijet korova na Zavodu za herbologiju. Služi se engleskim jezikom C1 razine i njemačkim jezikom B2 razine. U slobodno vrijeme se voli rekreativno baviti sportom, čitati i putovati.

Dasen Višić rođen je 16. siječnja 1997. godine u Zadru. Osnovnu školu Zadarski otoci završava 2011. godine nakon čega upisuje prirodoslovno matematičku gimnaziju Franje Petrića, koju završava 2015. godine. Upisuje prijediplomski studij Zaštite bilja na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskom fakultetu te isti završava 2021. godine. Trenutno studira diplomski studij Fitomedicine i aktivni je član izvannastavne aktivnosti Čudesni svijet korova. Član je Hrvatskog društva biljne zaštite, u sklopu čijeg 65. *Seminara biljne zaštite* u koautorstvu izlaže znanstveni rad u obliku postera iz područja herbologije (Višić D., Šoštarčić V., Šćepanović M. *Morfološka varijabilnost sjemena različitih populacija ambrozije kontinentalne Hrvatske*). Govori engleski B2 razine i talijanski A1 razine. U slobodno vrijeme bavi se vaterpolom i kuhanjem.

Igor Petriško rođen je 2. travnja 1996. godine u Zagrebu gdje je završio osnovnu školu Rudeš. Srednju školu Vladimira Preloga, smjer Prirodoslovna gimnazija, završava 2015. Prijediplomski studij Fitomedicine upisuje 2018., a završava 2021. godine. Tijekom akademske godine 2020./2021. aktivno sudjeluje u radu izvannastavne aktivnosti Art u Fitomikologiji, te iste akademske godine sudjeluje kao izlagač nastave u srednjoj Agronomskoj školi u Zagrebu. Diplomski studij Fitomedicine upisuje redovno 2021. Član je izvannastavne aktivnosti Čudesni svijet korova. Služi se engleskim jezikom C1 u slušanju i čitanju te govornoj interpretaciji, pisanju i produkciji te posjeduje znanja rada na računalu (posebice Microsoft Office). Aktivno je sudjelovao i svirao u KUD-u Croatia od (2007.-2013.g.) te nastupao na brojnim javnim nastupima te u koncertnim dvoranama u RH i u Europi. Sudjelovao je u projektu *INA LUMEN Business 2020.* godine te ušao u finale i ostvario 4. mjesto u državi. Aktivno se bavi veslanjem (2015. – 2021.g.). Godine 2017. ostvaruje 3. mjesto na međunarodnoj veslačkoj regati *Croatia open 2017.*, te osvaja još niz medalja na studentskim regatama unutar države. Volonterski održava instrukcije u Crkvi sv. Mati Slobode te sudjeluje na maratonu *Wings For Life World Run.*