Alelopatski potencijal segetalnih i ruderalnih invazivnih alohtonih biljnih vrsta

Novak, Nenad

Doctoral thesis / Disertacija

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:133607

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb

DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI



Sveučilište u Zagrebu

AGRONOMSKI FAKULTET

Mr. sc. Nenad Novak

ALELOPATSKI POTENCIJAL SEGETALNIH I RUDERALNIH INVAZIVNIH ALOHTONIH BILJNIH VRSTA

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2017.

University of Zagreb

FACULTY OF AGRICULTURE

M. sc. Nenad Novak

ALLELOPATHIC POTENTIAL OF SEGETAL AND RUDERAL INVASIVE ALIEN PLANTS

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2017.



Sveučilište u Zagrebu

AGRONOMSKI FAKULTET

Mr. sc. Nenad Novak

ALELOPATSKI POTENCIJAL SEGETALNIH I RUDERALNIH INVAZIVNIH ALOHTONIH BILJNIH VRSTA

DOKTORSKI RAD

Mentor: dr. sc. Klara Barić, izv. prof.

Zagreb, 2017.



University of Zagreb

FACULTY OF AGRICULTURE

M. sc. Nenad Novak

ALLELOPATHIC POTENTIAL OF SEGETAL AND RUDERAL INVASIVE ALIEN PLANTS

DOCTORAL THESIS

Supervisor: Klara Barić, Ph. D. Associate Professor

Zagreb, 2017.

Bibliografski podaci:
- Znanstveno područje: biotehničke znanosti
- Znanstveno polje: poljoprivreda
- Znanstvena grana: fitomedicina
- Institucija: Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zavod za herbologiju
- Voditelji doktorskog rada: izv. prof. dr.sc. Klara Barić
- Broj stranica: 106
- Broj slika: 47
- Broj tablica: 31
- Broj priloga: -
- Broj literaturnih referenci: 158
- Datum obrane doktorskog rada:
- Sastav povjerenstva za obranu doktorskog rada:
  - Doc. dr. sc. Maja Šćepanović
  - Doc. dr. sc. Dubravka Dujmović Purgar
  - Izv. prof. dr. sc. Dubravka Vitali Čepo

Rad je pohranjen u:
Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu, Ulica Hrvatske bratske zajednice 4 p.p. 550, 10 000 Zagreb,
Knjižnici Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog Fakulteta, Svetošimunska cesta 25, 10 000 Zagreb.

Tema rada prihvaćena je na 6. redovitoj sjednici Fakultetskog vijeća Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog Fakulteta, održanoj dana 05. ožujka 2013. te odobrena na 4. redovitoj sjednici Senata Sveučilišta u Zagrebu, održanoj dana 19. studenoga 2013.

Ocjena doktorskog rada

Ovu disertaciju ocijenilo je povjerenstvo u sastavu:

1. Doc. dr. sc. Maja Šćepanović
2. Doc. dr. sc. Dubravka Dujmović Purgar
3. Izv. prof. dr. sc. Dubravka Vitali Čepo

Disertacija je obranjena na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskom fakultetu dana 14. srpnja 2017. pred povjerenstvom u sastavu:

1. Doc. dr. sc. Maja Šćepanović, _____

2. Doc. dr. sc. Dubravka Dujmović Purgar, _____

3. Izv. prof. dr. sc. Dubravka Vitali Čepo, _____

Informacije o mentoru

Klara Barić rođena je 13. svibnja 1959. u Kotor Varošu, BiH. Po nacionalnosti Hrvatica, udana i majka jednog djeteta.
Osnovnu školu završila je u Kutjevu, a srednju Poljoprivrednu školu u Požegi. Na Poljoprivrednom fakultetu u Osijeku, prema programu studija ratarskog smjera, diplomirala 22. travnja 1985. Poslijediplomski studij "Zaštita bilja" na istom fakultetu upisala je školske godine 1992./93. Magistarski rad pod naslovom: *"*Djelotvornost fungicida na *Fusarium* spp. na klasu pšenice i utjecaj na prinos pšenice*"* obranila je 12. travnja 2000. na Poljoprivrednom fakultetu u Osijeku. Doktorsku disertaciju pod naslovom: „Osjetljivost nekih roditeljskih komponenata i Bc hibrida kukuruza *(Zea Mays* L.) na herbicid nikosulfuron*"* obranila je 17. ožujka 2008. godine na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.
Desetogodišnje radno iskustvo stekla je u Poljoprivredno prehrambenom kombinatu Kutjevo, na radnom mjestu referenta zaštite bilja. Nakon toga radila je godinu dana u kemijskoj tvrtki "Herbos" d.d. u Sisku na poslovima prodaje i promidžbe sredstava za zaštitu bilja. Od 9. ožujka 1998. godine zaposlena na Agronomskom fakultetu u Zagrebu, u Zavodu za herbologiju u svojstvu stručnog suradnika. U suradničko zvanje asistenta izabrana 16. siječnja 2006., u zvanje višeg asistenta 15. srpnja 2008., u znanstvenog suradnika 27. svibnja 2009., u znanstveno-nastavno zvanje docenta 15. srpnja 2009., a u znanstveno nastavno zvanje izvanrednog profesora 9. studenog 2016.
Nositelj je dva modula (Herbicidi, Primijenjena herbologija) na preddiplomskom, tri (Specijalna herbologija, Legislativa u zaštiti bilja, Interakcije herbicida u tlu) na diplomskom i jednog (Napredni sustavi suzbijanja krova) na poslijediplomskom studiju. Suradnik je na tri modula. Od 2006. do danas bila je voditelj 46 Diplomskih i devet Završnih radova. U okviru nastavne aktivnosti, bila je voditelj studija Zaštita bilja i član Odbora za nastavu i izbor nastavnika. Član je Fakultetskog vijeća u dva mandata. Trenutno obnaša funkciju predstojnika Zavoda za herbologiju.
Kao autor ili koautor objavila je više od 40 znanstvenih i oko 60 stručnih radova. Koautor je udžbenika Štetočinje povrća i priručnika Šećerna repa: zaštita od štetnih organizama u sustavu integrirane biljne proizvodnje.
Aktivno je sudjelovala u prezentaciji većeg broja radova na međunarodnim i nacionalnim znanstvenim te na stručnim skupovima.
Bila je voditelj dva VIP projekta (Suzbijanje korova u luku u odnosu na način i cilj uzgoja i Suzbijanje korova u povrću (luk, rajčica, špinat) kod uzgoja izravnom sjetvom sjemena) i nacionalnog znanstvenog projekta (Ekološki prihvatljiva zaštita od korova u sustavu integrirane biljne proizvodnje).
Sudjelovala je kao suradnik na većem broju tehnologijskih/stručnih projekata (Mogućnost primjene smanjenih količina herbicida, Rezistentnost korova na herbicide, Limundžik (*Ambrosia artemisiifolia* L.) raširenost, biologija, ekologija, štetnost i mjere suzbijanja i Utjecaj poljoprivrede na onečišćenje površinskih i podzemnih voda u Republici Hrvatskoj) Također je bila suradnik na dva EU projekta (TEMPUS: International joint Master degree in Plant Medicine i IPA: Enhancement of collaboration between science, industry and farmers: Technology transfer for integrated pest management (IPM) in sugar beet as the way to improve farmer's income and reduce pesticide use (TT-IPM-FoAZ)).

Zahvaljujem mentorici mog rada izv. prof. dr. sc. Klara Barić te članovima povjerenstva doc. dr. sc. Maja Šćepanović, doc. dr. sc. Dubravka Dujmović Purgar te izv. prof. dr. sc. Dubravka Vitali Čepo na korisnim savjetima prilikom izrade rada. Hvala na pristupačnosti i otvorenosti kojom ste me tretirale kao da sam jednak Vama. Kad te mentorica tretira na takav način, cijeli postupak je puno lakši i zato joj veliko hvala na tome.

Zahvaljujem Maji Pelaić koja je uložila veliki trud i napravivši kemijski dio rada i koja je uvijek spremna pomoći tutleku za kemiju poput mene. Hvala i na preporuci za „vanjskog" člana povjerenstva izv. prof. dr. sc. Dubravka Vitali Čepo koja se pokazala baš onakvom kakvom ju je Maja i opisala. Pristupačnost, otvorenost, neopterećenost su u današnje vrijeme rijetki epiteti kod opisa ljudi, a izv. prof. dr. sc. Dubravka Vitali Čepo je upravo takva i hvala joj na tome. Druga Dubravka, doc. dr. sc. Dubravka Dujmović Purgar je cijelo vrijeme djelovala kao netko tko mi želi pomaći i pruža mi motiv, a ne kao član povjerenstva. Veliko hvala od srca.

Zahvaljujem Dario Ivić koji mi je pomogao u statističkoj obradi podataka.

Kristina Gršić nije štedila vrijeme i energiju u davanju korisnih savjeta prilikom izrade rada, posebno u statističkom dijelu i raznim tehnikalijama, pa joj se neizmjerno zahvaljujem.

Veliko hvala kumovima od moje bolje polovice Nena i Milan Krapec na savjetima i pomoći oko strojne sjetve test-biljaka, kao i na druženjima uz fina domaća jela (i vina) koja su pomogla u smanjivanju stresa provođenja istraživanja i pisanja rada.

Ne znam kako bih odgovorio zahtjevima kompjuterskog uređenja teksta da nije bilo Zoran Žgela, uvijek spremnog pomoći.

Željko Žarić je uskočio skupljati potpise i rješavati papirologiju za prijatelja iz djetinjstva koji je za to vrijeme odmarao na Krku.

Zahvaljujem stručnoosposobljavateljicama Martina Režek i Ivana Rimac na pomoći kod praktičnog dijela rada. Zahvalu dugujem i studenticama i studentima koji su odrađivali praksu sudjelujući u praktičnom dijelu rada.

Nadam se da nisam nekog zaboravio. Ipak, napisati ću još jednom:

Najiskrenije se zahvaljujem svima koji su na bilo koji način pridonijeli izradi ove doktorske disertacije.

Imam potrebu nešto napisati, a to je sljedeće: ova disertacija nije napisana zbog karijerizma, napredovanja u poslu ili nekoj drugoj oblasti, financijskih razloga ili osobnih kompleksa što su vrlo česti pokretači kandidata. Glavni razlog je moja obitelj, moji roditelji i moja sestra, koje će moja titula učiniti neizmjerno sretnim i ponosnim. Kada razmišljam na takav način, cijena koju sam platio mukotrpnim procesom od pisanja Prijave teme pa do obrane disertacije nije velika. Disertacije je obranjena 14.7.2017., samo osam dana nakon maminog 63. rođendana i točno 3 godine od trenutka kada sam zadnji puta vidio živog svog neprežaljenog oca. Ovaj rad posvećujem svojim roditeljima.

Nadam se da će „tata doktor“ na neki način u životu biti od pomoći mojem anđelu Borni koji svog tatu puni nemjerljivom količinom osjećaja kojeg poznaju samo blagoslovljeni očevi. Za Borninu mamu Maju vrijede potpuno iste stvari. Hvala punici Mirjani i tastu Stjepanu što su moju Maju napravili takvom kakva je. Svaki sretnik koji je poznaje zna o čemu pišem. Ne postoje riječi kojima mogu opisati sreću i zahvalnost što su oni moji i ja njihov.

Sažetak

Na globalnoj razini, invazije alohtonih organizama predstavljaju drugu najveću prijetnju bioraznolikosti. Pretpostavka je da je visok alelopatski potencijal jedna od značajki koja pomaže invazivnim biljnim vrstama u širenju na nova područja. Primjenom vodenih ekstrakata donor vrsta na test-vrste, u ovom radu dokazan je visok alelopatski potencijal osam invazivnih alohtonih biljnih vrsta iz šest različitih biljnih porodica: *Abutilon theophrasti* Med. - europski mračnjak (porodica Malvaceae), *Ambrosia artemisiifolia* L. – pelinolisni limundžik ili ambrozija (Asteraceae), *Datura stramonium* L. - bijeli kužnjak (Solanaceae), *Xanthium strumarium* L.- dikica (Asteraceae), *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle - pajasen (Simaroubaceae), *Amorpha fruticosa* L. - amorfa (Fabaceae), *Reynoutria japonica* Houtt. - japanski dvornik (Polygonaceae), *Solidago gigantea* Aiton - velika zlatnica (Asteraceae). Kao test-vrste korištene su tri kultivirane biljne vrste iz tri različite biljne porodice: *Avena sativa* L. - zob (Poaceae), *Brassica napus* subsp. *oleifera* L. - uljana repica (Brassicaceae) i *Helianthus annuus* L. - suncokret (Asteraceae). Primjenom vodenih ekstrakata donor vrsta na sjeme test-vrsta utvrđena alelopatska djelovanja isključivo su negativna tj. inhibirajuća, a intenzitet ovisi o donor vrsti i test-vrsti. Alelopatski utjecaj na postotak klijavosti kod svih interakcija donor vrsta i test-vrsta je puno manji u odnosu na utjecaj na duljinu korjenčića i duljinu klice test-vrsta. Utvrđeno je da višegodišnje vrste posjeduju jači alelopatski potencijal od jednogodišnjih. Vrsta najjačeg alelopatskog potencijala je pajasen, a najosjetljivija test-vrsta je uljana repica. Ekstrakt pajasena inhibirao je duljinu korjenčića uljane repice 94,88%, a duljinu klice 98,91%, što je gotovo herbicidni učinak. Primjenom vodenih ekstrakata korijena, stabljike, lista i čitave biljke pajasena na sjeme, list i korijen uljane repice utvrđena su inhibitorna alelopatska djelovanja različitih intenziteta, ovisno o vrsti i koncentraciji ekstrakta i načinu primjene. Najjače djelovanje zabilježeno je primjenom ekstrakata na sjeme, slijedi primjena na list (prskanjem) pa primjena na korijen (zalijevanjem) test-vrste. Stimulativno djelovanje nije utvrđeno ni u jednom dijelu istraživanja. Bez obzira na način primjene, najjača djelovanja utvrđena su ekstraktima korijena pajasena u kojem je najveća koncentracija potentnih alelokemikalija. Tekućinskom kromatografijom utvrđeno je da je koncentracija ailantona, literaturno najpotentnije alelokemikalije pajasena, najveća u ekstraktima korijena i iznosi 0,35 mg/ml. Koncentracija ailantona u ekstraktu stabljike iznosi puno manjih 0,15 mg/ml, a u ekstraktu lista 0,12 mg/ml. Koncentracija ailantona u ekstraktu čitave biljke je u skladu s utvrđenim vrijednostima po pojedinim organima pajasena i iznosi 0,19 mg/ml. Utvrđeno je da djelovanje ailantona potpomažu druge alelokemikalije sadržane u tkivima pajasena.

Ključne riječi: alelopatija, invazivne alohtone biljne vrste, alelokemikalije, pajasen, *Ailanthus altissima*, ailanton

Allelopathic potential of segetal and ruderal invasive alien plants

Expanded summary

At the global level, the invasion of alien organisms represent the second largest threat to biodiversity. The assumption is that the high allelopathic potential is one of the features that helps invasive plant species to spread to new areas. The high level of aggressiveness in most species is supported by the action of specific chemical compounds - allelochemicals. Allelochemicals are secondary metabolites of plant metabolism that determine relationships between individuals of the species called allelopathy. Many allelochemicals act as "chemical weapon" and can potentially be used as natural herbicides, growth regulators or as a base for their synthesis. Applying allelopathy in agriculture can reduce the use of synthetic pesticides.

The study was divided into two parts. In the first part of the research, preliminary identification of allelopathic potential of eight invasive non-native plant species (donor species), from six different plant families, was determined. Donor species were *Abutilon theophrasti* Med. - velvetleaf (family Malvaceae), *Ambrosia artemisiifolia* L. - ragweed (Asteraceae), *Datura stramonium* L. – white jimsonweed (Solanaceae), *Xanthium strumarium* L. - cocklebur (Asteraceae), *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle – tree of heaven (Simaroubaceae), *Amorpha fruticosa* L. - indigo bush (Fabaceae), *Reynoutria japonica* Houtte. - Japanese knotweed (Polygonaceae), *Solidago gigantea* Aiton - giant goldenrod (Asteraceae). Three cultivated plant species from three different plant families were used as test species: *Avena sativa* L. - oats (Poaceae), *Brassica napus* L. - oilseed rape (Brassicaceae) and *Helianthus annuus* L. - sunflower (Asteraceae). Aqueous extracts of eight donor species were applied to the seeds of the test-plants. Aqueous extracts were made of whole plants. High allelopathic potential of all species included in investigation was proven. Allelopathic effects are exclusively negative (inhibiting) and intensity depending on the type of donor species and test-species. Allelopathic impact on the percentage of germination in all species is much smaller in relation to the impact on the radicle and shoot length of the test-species. Inhibitory effect on germination was determined only to the extract of tree of heaven applied to the oilseed rape seed. Perennial species have a stronger allelopathic potential than annual species. Tree of heaven is species with the strongest allelopathic potential followed by white jimsonweed, indigo bush, giant goldenrod, ragweed, Japanese knotweed. The smallest allelopathic potential was determined in annual species velvetleaf and cocklebur. The most sensitive test-plant is oilseed rape followed by oats and sunflower. Tree of heaven aqueous extract inhibited radicle length of rapeseed 94.88%, and the length of sprouts 98.91%, which is almost herbicidal activity of extracts. Tree of heaven and oilseed rape are therefore included in the second part of the research in which aqueous extracts are made separately from the roots, stems, leaves and whole plant of tree of heaven. Each of the extracts was used in three different concentrations (total of 12 extracts) and applied to the seed, root and leaf of the oilseed rape. Application to the seeds implies wetting the filter paper in Petri dishes, application of the root implies watering in two different rates and application on leaves implies spray application on previously raised test plants in 2 leaf stage (BBCH 12). Inhibitory allelopathic effects of different intensities were observed, depending on the type and concentration of the extracts and on the method of application. The strongest effect was observed applying the extracts on the seeds, followed by application on the leaves (spraying) and on the roots (watering) of the test-plants. Stimulating effect was not found in any part of the research. Obtained results showed that the tree of heaven contains allelochemicals in all investigated parts (root, stem, leaf). Regardless of the method of application, the strongest effects were identified to the root extracts of tree of heaven where is the highest concentration of potent allelochemicals. Liquid chromatography determined that the concentration of ailanthone, in the literature

the most potent allelochemical of tree of heaven, is the largest in the root extracts (0,35 mg/ml), then extracts of the stem (0,15 mg/ml) and finally the leaf (0,12 mg/ml) extracts. Concentration of ailanthone in whole plant extracts is in accordance with determined values in individual organs of tree of heaven (0,19 mg/ml).

According to the obtained results, it can be concluded that tree of heaven contains allelochemicals in all investigated parts. The largest source of potent allelochemicals is the root. Action of ailanthon, as the most potent allelochemical, is supported by other allelochemicals located in plant tissues of tree of heaven. The strongest effects were determined by applying extracts on the seeds, then applying on the leaf, and the lowest by applying on the root of the test-species. According to the determined test-species reactions, there is a need for further similar studies, finding plants with high allelopathic potential, identification and isolation of allelochemicals with the objective of their application in crop production. Invasive plant species are a good option for further allelopathy research.

Keywords: allelopathy, invasive alien plant species, allelochemicals, tree of heaven, *Ailanthus altissima*, ailanthone

SADRŽAJ

Popis kratica XVI
Popis tablica XVII
Popis slika XIX
1. UVOD 1
1.1 Hipoteze i ciljevi istraživanja 3
2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA 4
2.1 Alelopatija 4
2.1.1 Podrijetlo pojma i definicija alelopatije 4
2.1.2 Alelopatija, kompeticija, interferencija 4
2.2 Alelokemikalije 5
2.2.1 Definicija, kemijska pripadnost i mehanizmi djelovanja 5
2.2.2 Raspored alelokemikalija u biljci 6
2.2.3 Načini otpuštanja alelokemikalija 6
2.3 Invazivne alohtone korovne vrste 8
2.3.1 Karakteristike invazivnih vrsta i štete koje uzrokuju 8
2.3.2 Opisi istraživanih vrsta 10
2.3.2.1 Bijeli kužnjak - *Datura stramonium* L. 10
2.3.2.2 Europski mračnjak - *Abutilon theophrasti* Med. 11
2.3.2.3 Obična dikica - *Xanthium strumarium* L. 13
2.3.2.4 Pelinolisni limundžik - *Ambrosia artemisiifolia* L. 15
2.3.2.5 Amorfa - *Amorpha fruticosa* L. 17
2.3.2.6 Japanski dvornik - *Reynoutria japonica* Houtt. 19
2.3.2.7 Pajasen - *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle 21
2.3.2.8 Velika zlatnica - *Solidago gigantea* Aiton 23
2.4 Alelopatsko djelovanje invazivnih korovnih vrsta 25
2.4.1 Jednogodišnje vrste 25
2.4.2 Višegodišnje vrste 26
2.4.3 Dijelovi biljaka s alelopatskim djelovanjem 28
2.4.4 Alelokemikalije kao moćno oružje biljaka 29
2.4.5 Perspektiva alelokemikalija 31
3. MATERIJALI I METODE RADA 33

3.1 Preliminarno utvrđivanje alelopatskog potencijala invazivnih alohtonih biljnih vrsta 33
3.2 Istraživanje alelopatskog učinka pajasena na uljanu repicu 36
3.2.1 Primjena ekstrakata pajasena na sjeme uljane repice 38
3.2.2 Primjena ekstrakata pajasena na korijen uljane repice 38
3.2.3 Primjena ekstrakata pajasena na list uljane repice 40
3.3 Utvrđivanje koncentracije ailantona u biljnim dijelovima pajasena 40
3.4 Statistička obrada podataka 41
4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA 42
4.1 Rezultati istraživanja alelopatskog potencijala invazivnih alohtonih biljnih vrsta.. 42
4.1.1 Alelopatski učinak donor vrsta na uljanu repicu 42
4.1.2 Alelopatski učinak donor vrsta na suncokret 44
4.1.3 Alelopatski učinak donor vrsta na zob 46
4.1.4 Usporedni prikaz alelopatskog učinka donor vrsta na test-vrste 48
4.1.4.1 Utvrđivanje donor vrste najjačeg alelopatskog potencijala 48
4.1.4.2 Usporedba djelovanja jednogodišnjih segetalnih i višegodišnjih ruderalnih donor vrsta 50
4.1.4.3 Utvrđivanje najosjetljivije test-vrste 50
4.2 Rezultati istraživanja alelopatskog potencijala dijelova pajasena prema načinu apsorpcije 52
4.2.1 Primjena ekstrakata pajasena na sjeme uljane repice 52
4.2.1.1 Alelopatski potencijal ekstrakata korijena pajasena 52
4.2.1.2 Alelopatski potencijal ekstrakata stabljike pajasena 54
4.2.1.3 Alelopatski potencijal ekstrakata lista pajasena 56
4.2.1.4 Alelopatski potencijal ekstrakata čitave biljke pajasena 58
4.2.1.5 Usporedba djelovanja ekstrakata pajasena primjenom na sjeme uljane repice 60
4.2.2 Primjena ekstrakata pajasena na list uljane repice 61
4.2.2.1 Alelopatski potencijal ekstrakata korijena pajasena 61
4.2.2.2 Alelopatski potencijal ekstrakata stabljike pajasena 64
4.2.2.3 Alelopatski potencijal ekstrakata lista pajasena 65
4.2.2.4 Alelopatski potencijal ekstrakata čitave biljke pajasena 66

4.2.2.5 Usporedba djelovanja ekstrakata pajasena primjenom na list uljane repice 68
4.2.3 Primjena ekstrakata pajasena na korijen uljane repice 69
4.2.3.1 Alelopatski potencijal ekstrakata korijena pajasena 69
4.2.3.2 Alelopatski potencijal ekstrakata stabljike pajasena 70
4.2.3.3 Alelopatski potencijal ekstrakata lista pajasena 71
4.2.3.4 Alelopatski potencijal ekstrakata čitave biljke pajasena 72
4.2.3.5 Usporedba djelovanja ekstrakata pajasena primjenom na korijen uljane repice 73
4.3 Utvrđivanje koncentracije ailantona u dijelovima pajasena 75
5. RASPRAVA 76
5.1 Alelopatski potencijal invazivnih alohtonih biljnih vrsta 76
5.2 Alelopatski potencijal pajasena ovisno o dijelu biljke i načinu apsorpcije 80
5.2.1 Primjena ekstrakata pajasena na sjeme uljane repice 80
5.2.2 Primjena ekstrakata pajasena na list uljane repice 81
5.2.3 Primjena ekstrakata pajasena na korijen uljane repice 83
5.3 Utvrđivanje koncentracije ailantona u dijelovima pajasena 84
6. ZAKLJUČCI 86
7. POPIS LITERATURE 88
8. ŽIVOTOPIS 103

Popis kratica

ABUTH – znanstveni kod vrste *Abutilon theophrasti* Med.
AILAL - znanstveni kod vrste *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle
AMBEL - znanstveni kod vrste *Ambrosia artemisiifolia* L.
AMHFR - znanstveni kod vrste *Amorpha fruticosa* L.
BBCH – Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie
DAISIE – Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe
DATST – znanstveni kod vrste *Datura stramonium* L.
EPPO – European and Mediterranean Plant Protection Organization
IAS – International Allelopathy Society
IAS - invasive alien species
NOBANIS – European Network on Invasive Alien Species
REYJA - znanstveni kod vrste *Reynoutria japonica* Houtt.
SOLGI – znanstveni kod vrste *Solidago gigantea* Aiton
XANST – znanstveni kod vrste *Xanthium strumarium* L.

Popis tablica

Tablica 1. Prikaz biljnih vrsta korištenih u istraživanju kao donor vrsta

Tablica 2. Podaci o uzorkovanju

Tablica 3. Ekstrakti biljnih dijelova pajasena korišteni u drugom dijelu istraživanja

Tablica 4. Karakteristike supstrata Brill Typical 4

Tablica 5. Djelovanje ekstrakata donor vrsta na uljanu repicu

Tablica 6. Djelovanje ekstrakata donor vrsta na suncokret

Tablica 7. Djelovanje ekstrakata donor vrsta na zob

Tablica 8. Zbroj djelovanja donor vrsta na duljinu korjenčića i duljinu klice test-vrsta

Tablica 9. Ukupno djelovanje ekstrakata donor vrsta na duljinu korjenčića i klice test-vrsta

Tablica 10. Zbroj djelovanja ekstrakata jednogodišnjih i višegodišnjih donor vrsta na duljinu korjenčića i klice test-vrsta

Tablica 11. Zbroj djelovanja ekstrakata svih donor vrsta na duljinu korjenčića i klice test-vrsta

Tablica 12. Djelovanja ekstrakata korijena pajasena na postotak klijavosti, duljinu korjenčića i klice test-vrsta

Tablica 13. Djelovanja ekstrakata stabljike pajasena na postotak klijavosti, duljinu korjenčića i klice test-vrsta

Tablica 14. Djelovanja ekstrakata lista pajasena na postotak klijavosti, duljinu korjenčića i klice test-vrsta

Tablica 15. Djelovanja ekstrakata čitave biljke pajasena na postotak klijavosti, duljinu korjenčića i klice test-vrsta

Tablica 16. Odstupanje postotka klijavosti, duljine korjenčića i klice test-biljaka primjenom ekstrakata pajesena na sjeme uljane repice

Tablica 17. Djelovanje ekstrakata korijena pajasena na visinu i masu nadzemnog dijela test-biljaka primjenom na list uljane repice

Tablica 18. Djelovanje ekstrakata stabljike pajasena na visinu i masu nadzemnog dijela test-biljaka primjenom na list uljane repice

Tablica 19. Djelovanje ekstrakata lista pajasena na visinu i masu nadzemnog dijela test-biljaka primjenom na list uljane repice

Tablica 20. Djelovanje ekstrakata čitave biljke pajasena na visinu i masu nadzemnog dijela test-biljaka primjenom na list uljane repice

Tablica 21. Odstupanje visine i mase nadzemnog dijela test-biljaka primjenom ekstrakata pajesena na list uljane repice

Tablica 22. Djelovanje ekstrakata korijena pajasena tretiranjem 0,5 ml po test-biljci na visinu i masu nadzemnog dijela uljane repice
Tablica 23. Djelovanje ekstrakata korijena tretiranjem 1 ml po test-biljci na visinu i masu nadzemnog dijela uljane repice
Tablica 24. Djelovanje ekstrakata stabljike tretiranjem 0,5 ml po test-biljci na visinu i masu nadzemnog dijela uljane repice
Tablica 25. Djelovanje ekstrakata stabljike tretiranjem 1 ml po test-biljci na visinu i masu nadzemnog dijela uljane repice
Tablica 26. Djelovanje ekstrakata lista tretiranjem 0,5 ml po test-biljci na visinu i masu nadzemnog dijela uljane repice
Tablica 27. Djelovanje ekstrakata lista tretiranjem 1 ml po test-biljci na visinu i masu nadzemnog dijela uljane repice
Tablica 28. Djelovanje ekstrakata čitave biljke tretiranjem 0,5 ml po test-biljci na visinu i masu nadzemnog dijela uljane repice
Tablica 29. Djelovanje ekstrakata čitave biljke tretiranjem 1 ml po test-biljci na visinu i masu nadzemnog dijela uljane repice
Tablica 30. Odstupanje visine i mase nadzemnog dijela test-biljaka primjenom ekstrakata pajesena na korijen uljane repice
Tablica 31. Koncentracija ailantona u ekstraktima pajasena

Popis slika

Slika 1. Grmolik izgled bijelog kužnjaka
Slike 2 i 3. Europski mračnjak kao ukras okućnice i kao korov u kukuruzu
Slike 4 i 5. Obična dikica na strništu
Slike 6 i 7. Ambrozija kao korov u suncokretu i u ječmu kao posljedica prorijeđenog sklopa
Slike 8 i 9. Visoke biljke amorfe u Parku prirode Kopački Rit i sadnice amorfe u prodaji kao pčelinja paša
Slike 10 i 11. Biljka japanskog dvornika uzgajana kao ukrasna (snimila Maja Novak) i formirana monokultura u prirodi
Slike 12 i 13. Nicanje pajasena „iz kamena“ i formirana monokultura
Slika 14. Pogled sa Carskog vidikovca, NP Krka
Slike 15 i 16. Formirane monokulture velike zlatnice
Slika 17. Vodeni ekstrakti istraživanih invazivnih alohtonih biljnih vrsta
Slike 18 i 19. Izvorišni biljni materijal i potapanje usitnjenog biljnog materijala u destiliranu vodu
Slika 20. Aplikacija ekstrakata zalijevanjem
Slika 21. Inhibitorno djelovanje ekstrakta pajasena na rani porast klijanaca uljane repice
Slika 22. Inhibitorno djelovanje ekstrakta bijelog kužnjaka na rani porast klijanaca uljane repice
Slike 23 i 24. Inhibitorno djelovanje ekstrakta bijelog kužnjaka i japanskog dvornika na rani porast klijanaca suncokreta
Slika 25. Inhibitorno djelovanje ekstrakta bijelog kužnjaka na rani porast klijanaca zobi
Slika 26. Inhibitorno djelovanje ekstrakta amorfe na rani porast klijanaca zobi
Slika 27. Inhibitorno djelovanje ekstrakata korijena pajasena na rani porast klijanaca uljane repice
Slike 28 i 29. Inhibitorno djelovanje koncentrata korijena pajasena na rani porast klijanaca uljane repice
Slika 30. Inhibitorno djelovanje ekstrakata stabljike pajasena na rani porast klijanaca uljane repice
Slike 31 i 32. Inhibitorno djelovanje koncentrata stabljike pajasena na rani porast klijanaca uljane repice
Slika 33. Inhibitorno djelovanje ekstrakata lista pajasena na rani porast klijanaca uljane repice

Slike 34 i 35. Inhibitorno djelovanje koncentrata lista pajasena na rani porast klijanaca uljane repice
Slika 36. Inhibitorno djelovanje ekstrakata čitave biljke pajasena na rani porast klijanaca uljane repice
Slike 37 i 38. Inhibitorno djelovanje koncentrata čitave biljke pajasena na rani porast klijanaca uljane repice
Slika 39. Inhibitorno djelovanje 1:4 razrjeđenja korijena pajasena na visinu uljane repice 6 dana nakon primjene
Slika 40. Inhibitorno djelovanje 1:4 razrjeđenja korijena pajasena na visinu uljane repice 10 dana nakon primjene
Slike 41 i 42. Simptomi fitotoksičnosti i inhibitorno djelovanje ekstrakata korijena pajasena na uljanu repicu 16 dana nakon primjene
Slika 43. Simptomi fitotoksičnosti i inhibitorno djelovanje koncentrata stabljike pajasena na uljanu repicu 16 dana nakon primjene
Slike 44 i 45. Simptomi fitotoksičnosti na uljanoj repici na tretmanima koncentratom i 1:2 razrjeđenjem lista pajasena 16 dana nakon primjene
Slike 46 i 47. Simptomi fitotoksičnosti na uljanoj repici na tretmanu koncentratom čitave biljke pajasena 16 dana nakon primjene

1. UVOD

Divlje biljne vrste milenijima, a kulturne vrste i korovi desetak i više tisuća godina, živeći u zajednicama, međusobno izgrađuju vrlo kompleksne odnose koje nazivamo interferencijom. Interferenciji pripadaju i alelopatski odnosi među biljkama koji su također vrlo kompleksni. Postoji više definicija za pojam alelopatija, a sve određuju međusobne odnose između jedinki biljnih vrsta koji se uspostavljaju djelovanjem specifičnih kemijskih spojeva - alelokemikalija (Rice, 1984).

Alelopatija kao pojava bila je poznata već antičkim narodima. Tako prvi i najstariji pisani podaci o alelopatiji dolaze od Demokrita u 5. st. pr. n. e. i Teofrasta 3 st. pr. n. e. (Narwal, 2004). Unatoč davnom prepoznavanju alelopatije kao važne pojave u biljnom svijetu, pravi napredak u objašnjenju alelopatskih mehanizama i interakcija zabilježen je tek u 20. stoljeću. Pojam alelopatija u znanost prvi uvodi Molisch 1937. godine (Kovačević, 1979). Od 60-tih godina prošlog stoljeća, alelopatija je sve više prepoznavana kao važan ekološki mehanizam koji utječe, kako na dominantnost biljaka i formiranje biljnih sastojina u prirodnim ekosustavima, tako i na biljnu proizvodnju. Biljke i mikroorganizmi proizvode stotine tisuća sekundarnih produkata metabolizma (alelokemikalija) od kojih mnogi imaju ulogu "kemijskog oružja" i potencijalno mogu biti korišteni kao prirodni herbicidi, regulatori rasta ili kao osnovica za sintezu istih.

Primjenom alelopatije u poljoprivredi može se smanjiti uporaba sintetičkih pripravaka. U nadmetanju (kompeticiji) s korovima, kultivirane biljke između ostalog koriste i alelokemikalije pa je jedan dio istraživanja usmjeren prema selekciji kultivara visokog alelopatskog potencijala. Druga i brojnija istraživanja bave se nalaženjem korovnih vrsta visokog alelopatskog potencijala te identifikacijom alelokemikalija odgovornim za alelopatsko djelovanje. Korovi su evolucijski selekcionirani i po kriteriju alelopatskog djelovanja, pa je za očekivati da će u većini slučajeva imati veći alelopatski potencijal od kultiviranih vrsta kojima je selekcija provođena na umjetan način, s naglaskom na neka druga svojstva umjesto samoodrživosti. U novije vrijeme uočeno je da se u flori izdvojila skupina invazivnih vrsta biljaka koja pokazuje visok stupanj agresivnosti i širi se brže i na veće površine od ostalih vrsta. Jedan od važnih razloga ove pojave je brz napredak tehnologije i bolja povezanost između država i kontinenata (trgovina, transport, turizam…), pretvaranje svijeta u veliko „globalno selo“ čime su se stvorili preduvjeti za brza i daleka širenja raznih organizama, pa tako i biljaka, na područja na kojima nisu i nikada ne bi bili rasprostranjeni prirodnim putovima. U prilog ovoj hipotezi govori istraživanje Milovića i sur. (2010) koji navode 16 novih neofita za floru Hrvatske od kojih je većina zabilježena u teretnoj luci Gaženica u Zadru. Pretpostavlja se da su nove vrste u

Hrvatsku dospjele transportom sirovina, naročito sojine sačme i žitarica. Neke vrste šire se trgovinom. Novak i Kravarščan (2011) ističu kako su iskustva nekih zemalja, s vrstama koje se u Hrvatskoj nalaze u slobodnoj prodaji, vrlo loša tako da je i prodaja egzotičnih vrsta jedan od načina širenja. Dujmović Purgar i Ostojić (2009) navode da su u Hrvatskoj i susjednim zemljama najveći utjecaj na širenje invazivnih vrsta tijekom 19. i 20. stoljeća imale migracije ljudi. Dakle, načini širenja i unosa novih vrsta su mnogobrojni. Međutim, ne postaje svaka unesena alohtona (strana) vrsta invazivna. Nakon unosa, većina ne može preživjeti u novom području. Neke odmah ugibaju, neke opstaju neko kraće vrijeme, a neke se uspješno prilagode uvjetima u novom području, počinju se razmnožavati i trajno opstaju, čime postanu naturalizirane. Unutar ove skupine biljaka nalaze se invazivne biljke (Nikolić i sur., 2014) koje izravno utječu na biološku raznolikost, mijenjaju okoliš, štete poljoprivrednim, šumskim i vodenim biljnim sastojinama. Nakon izravnog uništavanja prirodnih staništa, invazivne alohtone vrste globalno su druga najveća prijetnja bioraznolikosti (Council of Europe, 2007) te ih možemo smatrati „superkorovima“. Dobro poznate štete koje nanose korovi i o kojima pišu mnogi autori (Hulina 1993., 1994., 1998.; Ostojić i Barić, 1998.; Barić i Ostojić 2000) su u slučaju invazivnih vrsta posebno naglašene. Stoga je za očekivati da im u širenju na nove prostore, pored ostalih svojstava, pomaže i visok alelopatski potencijal pa su invazivne biljne vrste su logičan izbor u potrazi za vrstama visokog alelopatskog potencijala.

U radu je dan pregled najvažnijih pojmova potrebnih za razumijevanje pojma alelopatije, obrazložen je problem invazivnih alohtonih vrsta. Navedene su njihove karakteristike i štete koje uzrokuju. Opisano je osam invazivnih alohtonih biljnih vrsta, uključenih na Preliminarni popis invazivnih stranih biljnih vrsta (IAS- invasive alien species) u Hrvatskoj (Boršić i sur., 2008) te je istraživanjem svakoj određen alelopatski potencijal. Činjenica je da uloga alelopatije u biljnim sastojinama, posebno invazivnih vrsta koje su sve veći globalni problem, još uvijek nije dovoljno istražena. Istraživanja u Hrvatskoj su vrlo oskudna. Međutim, upravo se alelopatija smatra osnovicom održive poljoprivrede 21. stoljeća (Narwal, 2004.; Narwal i sur., 2005). Stoga je cilj ovog istraživanja doprinos spoznajama o fenomenu alelopatije te istraživanje mogućnosti smanjenja uporabe sintetičkih pripravaka.

1.1 Hipoteze i ciljevi istraživanja

Istraživanje se temelji na hipotezama da će:
- istraživane invazivne alohtone vrste iskazati različit alelopatski potencijal,
- alelopatski učinak donor vrste ovisiti o test-vrsti (akceptoru),
- osjetljivost test-vrste ovisiti o donor vrsti,
- jednogodišnje segetalne vrste iskazati različit alelopatski potencijal od višegodišnjih ruderalnih vrsta,
- različiti biljni dijelovi donor vrste iskazati različit alelopatski potencijal,
- koncentracija vodenog biljnog ekstrakta utjecati na intenzitet alelopatskog djelovanja,
- način apsorpcije vodenog biljnog ekstrakta utjecati na intenzitet djelovanja i
- koncentracija alelokemikalija u biljnim dijelovima biti proporcionalna intenzitetu alelopatskog djelovanja.

Ciljevi prvog dijela istraživanja su:
- utvrditi vrstu i intenzitet alelopatskog djelovanja vodenih ekstrakata osam invazivnih alohtonih biljnih vrsta na klijanje i rani porast korjenčića i klice tri test-vrste,
- utvrditi donor vrstu najjačeg alelopatskog potencijala,
- utvrditi najosjetljiviju test-vrstu i
- utvrditi razlike u alelopatskom potencijalu između istraživanih jednogodišnjih segetalnih i višegodišnjih ruderalnih vrsta.

Ciljevi drugog dijela istraživanja odnose se na donor vrstu najjačeg alelopatskog potencijala:
- utvrditi učinak vodenog biljnog ekstrakta u odnosu na izvor ekstrakta (korijen, stabljika, list),
- utvrditi učinak vodenog biljnog ekstrakta u odnosu na različite koncentracije ekstrakta,
- utvrditi učinak vodenog biljnog ekstrakta u odnosu na način apsorpcije (sjemenom, korijenom, listom) test-vrste i
- utvrditi povezanost koncentracije alelokemikalija u biljnim dijelovima s intenzitetom alelopatskog djelovanja.

2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

2.1 Alelopatija

2.1.1 Podrijetlo pojma i definicija alelopatije

Pojam alelopatija potječe od dviju grčkih riječi, "allelon" što znači svi drugi i "pathos" što znači trpjeti, patiti, što bi u slobodnom tumačenju značilo negativan utjecaj nekoga na ostale. Međutim pravo značenje pojma alelopatija nešto je složenije od ove jednostavne definicije.

Kako je navedeno u Uvodu, pojam alelopatija u znanost je uveo austrijski botaničar Hans Molisch 1937. godine (Kovačević, 1979). Definirao ju je kao sve biokemijske interakcije (inhibitorne i stimulirajuće) između svih vrsta biljaka, uključujući i mikroorganizme (Rice, 1984.; Narwal, 2004.; Zimdahl, 1999.; Singh i sur., 2001.; Narwal i sur.; 2005). Istraživanja alelopatije su se u međuvremenu proširila na nova područja uključujući interakcije između biljaka, insekata, nematoda, uzročnika bolesti te vodene ekosustave. Međunarodno alelopatsko društvo (IAS-International Allelopathy Society) osnovano 5. rujna 1994. (Narwal, 2001), 1996. godine proširuje definiciju alelopatije na "svaki proces koji uključuje sekundarne metabolite biljaka, mikroorganizama, virusa i gljiva, a koji utječe na rast i razvoj poljoprivrednih i bioloških sustava" (Narwal i sur., 2005).

2.1.2 Alelopatija, kompeticija, interferencija

U poljoprivredi se štetan učinak korova uglavnom mjeri kroz kompeticiju korov-kulturna biljka. Kompeticija podrazumijeva natjecanje korova i usjeva za iste čimbenike (životni prostor, voda, hraniva, svjetlost) potrebne za normalan rast i razvoj. Korovi kao „divlje“ biljne vrste redovito brže namire svoje potrebe od kulturnih biljaka. Štetni utjecaj korova na usjev relativno je lako mjerljiv istraživanjima kompeticije koja ne uzimaju u obzir alelopatiju tj. učinak koji je rezultat oslobađanja alelokemikalija, a koji može biti neutralan, pozitivan ili negativan, i u nekom obliku je prisutan u odnosu biljka-biljka. Intenziviranjem alelopatskih istraživanja, znanstvenici su postajali sve svjesniji ovog problema te je 60-tih godina prošlog stoljeća uveden novi pojam koji točnije definira odnose između biljaka. Harper (1964. cit. Quasem i Foy, 2001) uvodi pojam „biljna interferencija“ koja objedinjuje alelopatiju i kompeticiju. Ove pojave je vrlo teško, ako ne i nemoguće odvojiti u poljskim uvjetima, ali oba područja su vrlo dobro istražena u kontroliranim uvjetima. Istraživanja kompeticije ni u kontroliranim uvjetima ne uzimaju u obzir alelopatiju. Stoga Rice (1984) predlaže da se naziv „istraživanja kompeticije“ promijeni u „istraživanja biljne

interferencije“, jer ne postoje tehnike kojima bi se kod istraživanja kompeticije isključio alelopatski učinak. Suprotno je moguće odnosno alelopatska istraživanja u kontroliranim uvjetima uspješno isključuju kompeticijske učinke. Neki pak autori smatraju da štetan alelopatski učinak dolazi do izražaja tek kao posljedica kompeticijskog pritiska (Kolb, 1962. cit. Hulina, 1998). Biljka koja je prikraćena u opskrbi nekim od životnih resursa (svjetlo, voda, hraniva) oslabi i postaje „žrtva“ alelopatskog napada. Kazinczi i sur. (2001b) također smatraju da je u poljskim uvjetima vrlo teško odvojiti alelopatiju od kompeticije i navode da se najčešće pretpostavlja da je negativnom učinku jedne biljke na drugu uzrok kompeticija, a ne alelopatija. Bez obzira na različita mišljenja, činjenica je da je alelopatski učinak u prirodi prisutan i da može utjecati (pozitivno i negativno) na rast i razvoj, a time i na prirod usjeva u poljoprivredi, ali i na opstanak i širenje nekih biljnih vrsta i formiranje biljnih sastojina u različitim ekosustavima. Stoga, bez obzira na kompleksnost istraživanja, nužno je stjecanje spoznaja o odnosu biljka-biljka, osobito u svrhu primjene u praksi.

2.2 Alelokemikalije

2.2.1 Definicija, kemijska pripadnost i mehanizmi djelovanja

Rice (1984) je definirao alelokemikalije kao sekundarne metabolite biljaka i mikroorganizama koji su produkt primarnih metaboličkih procesa. Riceova definicija je općeprihvaćena i do danas se nije mijenjala. Muminović (1987) navodi da korovi i usjevi izlučuju tvari koje stimuliraju ili inhibiraju rast i razvoj drugih biljaka. Izlučevine su uglavnom organske kiseline, alkaloidi, glikozidi, aldehidi ili još nedefinirane tvari. Kovačević (1979) smatra da su kolini uglavnom nedefinirane aminokiseline, peptidi i ugljikohidrati. Vrbaški i sur. (1978) su mišljenja da alelokemikalije imaju ulogu regulatora uzajamnih odnosa na način da utječu na razvoj i promjenu biljnog sastava u biogeocenozi. Quasem i Foy (2001) procjenjuju da se broj sekundarnih metabolita u prirodi kreće oko 400 000. Rice (1984) pak tvrdi da postoje tisuće sekundarnih metabolita biljaka koji ne sudjeluju u baznom metabolizmu biljke, ali je ograničen broj onih koji imaju ulogu u fenomenu alelopatije. Autor navodi kako alelokemikalije pripadaju različitim kemijskim skupinama te da djeluju na jednake procese kao i kemijski sintetizirani herbicidi, što je dodatan poticaj u traženju prirodnog herbicida putem alelopatskih istraživanja.

2.2.2 Raspored alelokemikalija u biljci

Dosadašnja istraživanja ukazuju da različiti biljni dijelovi iste korovne vrste mogu imati različit alelopatski utjecaj na klijavost i rast biljaka (Aziz i sur., 2008). Listovi najčešće imaju najveći alelopatski učinak koji se može pripisati višoj koncentraciji i jačem inhibitornom učinku alelokemikalija koje se nalaze u lišću (Xuan i sur., 2004.; Simić i Uludag 2007.;Tanveer i sur.; 2010.; Sisodia i Siddiqui, 2010). Nasuprot tome, u korijenu i rizomima nalazi najmanja količina alelokemikalija, koje su ujedno i najmanje potentne, ali u nekim slučajevima može biti i obrnuto (Rice, 1974. cit. Narwal, 2004). Prema istom izvoru stabljika također sadrži alelokemikalije i ponekad je glavni izvor toksičnosti. Iako istraživanja nisu tako brojna, u dijelovima cvijeta također se nalaze alelokemikalije. Isti autor navodi da postoje dokazi da polen kukuruza i još nekih biljaka imaju alelopatska svojstva te da je dokazano da i mnogi plodovi sadrže toksične tvari i djeluju inhibitorno na rast mikroorganizama i klijanje sjemena. I konačno, sjeme mnogih biljnih porodica i vrsta djeluje inhibitorno na klijanje sjemena i rast mikroorganizama. Autor zaključuje da se u svim biljnim dijelovima nalazi određena količina alelokemikalija.

Osim biljnih dijelova koncentracija alelokemikalija u biljci ovise i o fenologiji biljne vrste. Tako Narwal (1994) navodi da se neke alelokemikalije u biljci nakupljaju u određenom stadiju rasta, dok su druge ovisne o razdoblju dana ili godine.

2.2.3 Načini otpuštanja alelokemikalija

Više biljke otpuštaju alelokemikalije u okoliš isparavanjem, ispiranjem, izlučivanjem putem korijena i razgradnjom biljnih ostataka (Chou, 1999.; Narwal, 2004.; Rice, 1984). Obzirom da na spomenute procese utječe veliki broj različitih čimbenika, količina i toksičnost izlučenih alelokemikalija nije uvijek ista. Rice (1984) smatra da na količinu izlučenih alelokemikalija, uz genetsku predispoziciju biljke, utjecaj ima radijacija, vrst i intenzitet svjetla te duljina dana. Također utječu dostupnost mineralnih tvari, vodeni stres, temperatura, alelokemikalije drugih biljaka, starost biljnih organa te uzročnici biljnih bolesti i predatori. Otpuštene alelokemikalije dolaze u „živi medij“ tj. u doticaj s različitim čimbenicima okoliša pod čijim utjecajem se mijenjaju. Mogu biti mikrobiološki ili kemijski razgrađene, reagirati s drugim alelokemikalijama i/ili kemijskim spojevima, apsorbirane od strane biljaka, vezane na adsorpcijski kompleks tla, odnesene erozijom, isprane kišom u dublje slojeve tla itd. Iz navedenog je vidljivo da su alelokemikalije, nakon otpuštanja, uključene u brojne metaboličke i fizikalno-kemijske procese pa stoga njihova količina u okolišu ovisi o brojnim čimbenicima okoliša kao i o svojstvima alelokemikalije. Tako je

primjerice proces isparavanja potaknut visokim temperaturama i ima važnu ulogu u aridnim i semiaridnim područjima. You i Wang (2011) su dokazali da korovna vrsta bijeli kužnjak (*Datura stramonium* L.), koja je uključena i u istraživanje ove disertacije, sadrži hlapive alelokemikalije koje ispušta u okoliš i tako inhibira rast biljaka u svojoj okolini. Ako isparene alelokemikalije nisu apsorbirane od susjednih biljaka izravno iz atmosfere, mogu kondenzirati te u obliku rose pasti na tlo i vezati se na dijelove tla ili biti apsorbirane iz otopine tla (Muller, 1966. cit. Narwal, 2004). Drugim riječima, mogu završiti u tlu kao alelokemikalije koje su u okoliš dospjele na drugi način - ispiranjem s biljnih organa. Colton i Einhellig (1980) su utvrdili da tvari isprane s lišća europskog mračnjaka (*Abutilon theophrasti* Med.) djeluju inhibitorno na soju. Obzirom da europski mračnjak često zakorovljuje usjeve soje, jedan dio gubitka prinosa od ove vrste svakako treba pripisati alelopatiji (tj. interferenciji, a ne samo kompeticiji). Izlučevine korijena, kao treći način otpuštanja alelokemikalija, interesantne su mnogim autorima iako su identifikacija i kvantitativno utvrđivanje alelokemikalija otežani, zbog velike mikrobiološke aktivnosti u zoni korijena koja može promijeniti početnu izlučevinu. Ipak su u zoni korijena osjaka (*Cirsium arvense* (L.) Scop) u visokim koncentracijama identificirani fenoli koji se smatraju glavnim alelokemikalijama odgovornim za alelopatsko djelovanje ovog korova (Zhakharenko i Arefeva, 1998. cit. Kazinczi i sur. 2001a). Bais i sur. (2003) su dokazali da *Centaurea maculosa* Lam., invazivna vrsta u zapadnom dijelu SAD-a, potiskuje autohtono bilje izlučivanjem fitotoksina katehina (catechin) iz korijena. Katehin djeluje na inhibiciju rasta i klijanja i kod osjetljivih vrsta, kao što je *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh., može izazvati venuće biljke. Nakon venuća, alelokemikalije prisutne u biljnim organima dospijevaju u tlo na kojem je biljka rasla.

Razgradnja biljnih ostataka je način otpuštanja alelokemikalija u okoliš kojim se oslobađa najveća količina alelokemikalija. Važni čimbenici koji utječu na konačan učinak razgradnje su vrsta biljnog materijala, tip tla i uvjeti razgradnje. Ovisno o uvjetima razgradnje, iz istog biljnog materijala mogu nastati visokotoksične, inertne ili stimulirajuće tvari (Narwal, 2004). Vodotopivi inhibitori mogu lako biti isprani nakon venuća biljke, kad membrana izgubi svoju permeabilnost. Oni manje topljivi, kao primjerice većina flavanoida, oslobađaju se tek nakon razgradnje biljnog materijala (Rice, 1984). Obzirom da biljni materijal u polju nije nikad jednako raspoređen, postoji mogućnost da biljne vrste na istoj lokaciji različito reagiraju na prisutne alelokemikalije. Neke biljke će doći u dodir s raspadajućim biljnim materijalom (alelokemikalijama) te se razvijati i rasti pod izravnim utjecajem njihovog djelovanja, dok u neposrednoj blizini takvog utjecaja na druge biljke nema ili je drugog intenziteta. Neki od simptoma toksičnih utjecaja raspadajućih biljnih ostataka na druge biljke su inhibicija klijanja, prestanak rasta, inhibicija primarnog i

pojačan razvoj sekundarnog korijenja, otežano usvajanje hraniva, kloroza, sporo dozrijevanje i odgoda ili slaba reprodukcija (Patrick i Koch, 1958. cit. Narwal 2004). Ovi simptomi slični su simptomima koje bi u biljkama izazvalo tretiranje smanjenim subletalnim dozacijama herbicida. Batish i sur. (2004) su dokazali da se razgradnjom biljnog materijala u tlu višestruko povećava koncentracija fenola, koji su jedan od uzroka inhibitornog djelovanja. Koncentracija fenola u tlu može biti promijenjena navodnjavanjem ili gnojidbom. Stoga i agrotehnički zahvati mogu imati utjecaj na rezultat alelopatskog djelovanja. Količina dostupne vode jedan je od čimbenika o kojem ovisi aktivnost mikroorganizama u tlu koji imaju izravan utjecaj na rezultat alelopatskog djelovanja (Reinhardt i sur. 1999).

2.3 Invazivne alohtone korovne vrste

2.3.1 Karakteristike invazivnih vrsta i štete koje uzrokuju

Invazivne alohtone vrste su vrste koje su slučajno ili namjerno unesene izvan područja svoje prirodne rasprostranjenosti. Od 12 000 alohtonih vrsta u Europi (ne samo biljaka), 10-15% je invazivno (EU, 2014). Iako invazivnost ovisi o brojnim čimbenicima i može se, ali i ne mora ispoljiti, da bi neka vrsta postala invazivnom, mora imati određene karakteristike.

Invazivne vrste imaju veliku genetsku varijabilnost i fenotipsku plastičnost. Glavna, dominantna i najuočljivija karakteristika invazivnih vrsta je izuzetna sposobnost brzog samostalnog razmnožavanja. Posljedica ovog svojstva je postizanje velike brojnosti i gustoće u kratkom vremenskom razdoblju. Sjemenke invazivnih vrsta često imaju sposobnost odgode klijanja različitog vremenskog trajanja (dormantnost) čime osiguravaju da jedan dio populacije uvijek preživi. Uz hiperprodukciju sjemenki, kod invazivnih biljaka često su prisutni oblici vegetativnog razmnožavanja (korjenovi izbojci, razmnožavanje fragmentima korijena ili stabljike i sl.). Podzemni organi višegodišnjih vrsta često su vrlo razgranati što ih čini vrlo teškim za bilo koji oblik mehaničkog suzbijanja. Potreban je višekratan tretman translokacijskih (sistemičnih) herbicida. Lomljivost podzemnih organa je isto tako česta karakteristika koja otežava mehaničko suzbijanje (čupanje) jer nakon pucanja, jedan dio podzemnih organa ostaje u tlu. Često svojstvo višegodišnjih vrsta je visoka sposobnost regeneracije pa najbolji uspjeh polučuje kombinacija mehaničkih i kemijskih mjera suzbijanja (Novak i Kravarščan, 2014) uz napomenu da je kod nekih vrsta potrebna višegodišnja upornost u tretiranju uz nesigurne rezultate.

Pored svega nabrojanog, alohtona vrsta na novom području često nema prirodnih neprijatelja (različitih patogena, insekata, biljojeda i dr.) što olakšava širenje. Mnoge vrste razvile su različite načine širenja na male i velike udaljenosti (različitim vektorima kao što su vjetar, voda, životinje i dr.). Neke jednogodišnje vrste (npr. *Stellaria media* (L.) Vill.) imaju kratak životni ciklus čime osiguravaju nekoliko generacija godišnje. Jedna od značajki invazivnih vrsta je i sposobnost razvoja rezistentnosti na herbicide što otežava njihovo suzbijanje. Potonje se posebno odnosi na korove obradivih površina (segetalce). Invazivne vrste su snažni kompetitori, a mnoge posjeduju visok alelopatski potencijal koji im pomaže u opstanku i širenju na nova područja. Jedno od 12 svojstava idealnog korova prema Bakeru (1974. cit. Ammann, 2000) je proizvodnja alelokemikalija. Prisutnost alelokemikalija u invazivnim vrstama, koje izravno ili neizravno inhibiraju rast susjednih biljaka, može povećavati njihovu uspješnost u novom području. Inhibicijom klijanja i/ili rasta konkurentskih biljaka, invazivne vrste dolaze u nadređen položaj. Alohtone vrste su u prednosti pred domaćim (autohtonim) vrstama zbog evolucijske neprilagođenosti okoline na njihove alelokemikalije što alelopatiju čini jednim od čimbenika invazivnosti (Abhilasha i sur., 2008.; Bais i sur., 2003). Callaway i Ridenour (2004) razrađuju vrlo zanimljivu teoriju („the novel weapons hypothesis“) o alelokemikalijama kao novom oružju u biljnom svijetu te ga uspoređuju s lukom i strijelom koji su u 13. stoljeću bili velika prednost Mongola i njihove invazije na europske zemlje. Mongoli su konstantno nanosili poraze puno brojnijim vojskama europskih velesila kao što su Rusija, Mađarska, Poljska i Njemačka, čiji vojskovođe nisu imali odgovor na luk i strijelu kao novo oružje, koje je Mongolima u borbama donosilo veliku prednost. Autori povlače paralelu prema biljnom svijetu te upravo u neprilagođenosti na nova oružja nalaze objašnjenje za puno veću agresivnost introduciranih vrsta koje u svojim izvornim staništima ne postižu toliku brojnost i gustoću. Autori ovu pretpostavku zovu „AARS“ ili „allelopathic advantage against resident species“.

Navedena svojstva, ili većina njih, preduvjet su da neka vrsta u određenom trenutku postane invazivna, čime će prouzročiti brojne štete. Invazivne vrste, kad dospiju na novo stanište, šire se brzo i agresivno te izravno utječu na biološku raznolikost, mijenjaju okoliš, narušavaju stabilnost ekosustava, štete poljoprivrednim, šumskim i vodenim biljnim sastojinama, ireverzibilno utječu na sastav prirodnih staništa te uzrokuju socio-ekonomske štete u poljoprivredi, šumarstvu, turizmu, stočarstvu, zdravstvu i dr. (Nikolić, 2007). Invazivne alohtone vrste su na globalnoj razini **druga najveća prijetnja bioraznolikosti**, odmah nakon izravnog uništavanja prirodnih staništa (Council of Europe, 2007). Ova prijetnja posebno je izražena u ekosustavima koji su zemljopisno i evolucijski izolirani (mali otoci) te u zaštićenim područjima koji predstavljaju prirodno najvrjednije ekosustave u kojima može biti načinjena nepopravljiva šteta, a suzbijanje tj. iznalaženje učinkovite

metode s minimalnim štetnim utjecajem na okoliš u takvim područjima predstavlja vrlo težak i zahtjevan zadatak (Novak i Novak, 2015). Nadalje, introdukcijom novih vrsta mogu biti unijeti i organizmi koji su patogeni za autohtone, ali ne i za introducirane vrste. U tom slučaju može doći do oboljenja epidemijskih razmjera i značajne redukcije biološke raznolikosti u području u kojem su nove vrste introducirane. Alohtone vrste mogu u nekim slučajevima ugroziti opstanak i autohtonih biozemljopisno važnih, endemičnih vrsta (Malidža i Vrbničanin, 2007). Rizici se svakodnevno povećavaju zbog povećanja globalne trgovine, prijevoza, turizma i klimatskih promjena. Procjenjuje se da troškovi koje invazivne alohtone vrste nanose Uniji iznose najmanje 12 milijardi EURA godišnje, a troškovi nastavljaju rasti (EU, 2014).

Novak i sur. (2011) navode kako su u 4-godišnjem monitoringu u Hrvatskoj zabilježili 13 invazivnih alohtonih korovnih vrsta s EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization) Liste invazivnih alohtonih korovnih vrsta te jednu vrstu s EPPO Akcijske i EPPO A2 Liste. U nastavku teksta slijede opisi i najvažnije karakteristike invazivnih vrsta uključenih u istraživanje (četiri jednogodišnje segetalne i četiri višegodišnje ruderalne). Za svaku vrstu će biti naveden njen EPPO kod koji će kasnije biti korišten u disertaciji.

2.3.2 Opisi istraživanih vrsta

2.3.2.1 Bijeli kužnjak - *Datura stramonium* L.

Bijeli kužnjak je jednogodišnja zeljasta biljka podrijetlom najvjerojatnije iz Srednje Amerike ili Indije (Nikolić, 2014).

Stabljika naraste 30-200 cm, uspravna je, zelenkastoljubičasta, debela, žilava i razgranjena tako da biljka poprima grmolik izgled (slika 1). Trokutasti, mekani i svijetlozeleni listovi dugi su 7-20 cm, s nepravilnim, velikim zupcima. Cvjetovi su vrlo prepoznatljivi, bijeli (katkad ružičasti), dužine do 15 cm, oblika trubice sa širokim, naboranim obodom šiljastih režnjeva. Biljka cvate ljeti, a cvjetovi se otvaraju u predvečerje i noću. Plod je jajasti tobolac koji se otvara s četiri zaklopca, bodljikav, veličine velikog oraha, nosi nekoliko većih bubrežastih sjemenki (Kovačić i sur., 2008). Veličina tobolca je 3-7 cm, a duljina bodlji do 15 mm (Weber, 2005). Biljka proizvede do 20 000 sjemenki koje zadržavaju klijavost više od 40 godina. Masa 1 000 sjemenki je 5-6 g (Knežević, 2006). Svi dijelovi biljke, kad se zdrobe, neugodno mirišu.



Slika 1. Grmolik izgled bijelog kužnjaka (snimio N. Novak)

Bijeli kužnjak je čest korov u različitim širokorednim poljoprivrednim kulturama (okopavinama) kao što su kukuruz, suncokret, soja, šećerna repa, različite vrste povrća i dr. tako da ga se može naći gotovo svugdje gdje se uzgajaju navedene kulture, i u kontinentalnom i u obalnom dijelu Hrvatske. Prema vlastitom iskustvu, u većoj mjeri proširen je u Istočnoj Slavoniji, a zadnjih godina primijećeno je intenzivnije širenje u unutrašnjosti Dalmacije (zaleđe Zadra i Šibenika). U usjevima gustog sklopa (pšenica, ječam i dr.) pojavljuje se rijetko, uglavnom kao posljedica prorijeđenog sklopa. Češće zakorovljuje intenzivne nego ekstenzivne nasade višegodišnjih kultura (vinogradi, voćnjaci). Često zakorovljuje strništa različitih kultura (najčešće strnih žitarica i uljane repice) na kojima poljoprivrednici u Hrvatskoj rijetko provode mjere suzbijanja čime dopuštaju osjemenjivanje tj. povećavanje rezerve sjemena u tlu i daljnje širenje ove invazivne vrste.

2.3.2.2 Europski mračnjak - *Abutilon theophrasti* Med.

Europski mračnjak je jednogodišnja zeljasta korovna biljka podrijetlom iz Kine i Tibeta (Knežević, 2006).

Prve podatke o nalazu europskog mračnjaka u Republici Hrvatskoj objavili su Schlosser i Vukotinović (1869). Kao vrstu navodi je i Bogoslav Šulek (1879) spominjući hrvatske nazive: žutosljez, žuti sljez, veliki sljez, duga konoplja, duga konopljika, lipica. Korijen biljke je vretenast, svijetle boje i prodire duboko u tlo. Stabljika je uspravna i snažna,

pokrivena mekanim bjelkastim dlačicama. Različiti autori navode različite podatke o visini stabljike – EWRS Newsletter (2004), Hanf (1982) i Kazinczi i sur. (2001b) navode maksimalnu visinu do 100 cm, Nikitin (1983) 30-150 cm, Knežević (2006) 50-150 cm, Kovačević (1976) 30-200 cm, Fisjunov (1984) 40-250 cm, Flegar i Novak (2006) 40-350 (400) cm, a Spencer (1984. cit. Lešnik, 1999) tvrdi da uspravna stabljika može dosegnuti do 4 m visine. Prema osobnom iskustvu, zadnje dvije procjene su najbliže potencijalu ove vrste. Benvenuti i sur. (1994) tvrdi da zasjenjene biljke dostižu veću konačnu visinu što je posljedica izduživanja zbog pomanjkanja svjetlosti. Listovi europskog mračnjaka pokriveni su nježnim baršunastim dlačicama (engl. naziv velvetleaf), smješteni na dugim peteljkama, nasuprotni, nazubljeni, srcolikog oblika s povijenim i zašiljenim vrhom. Cvjetovi su žuti ili žutonarančasti, smješteni pojedinačno u pazušcima listova ili skupljeni u mali štitasti cvat i nemaju vanjsku čašku (Domac, 1994). Plod je dlakavi tobolac, promjera oko 15 mm (Hanf 1982.; Kazinczi i sur., 2001). U vrijeme dozrijevanja je tamnosive do crne boje. Sjemenke su boje ploda, bubrežastog oblika. Duljina sjemenki iznosi 2,75-3,25 mm, širina 2,75-3,25 mm, a debljina 1,5-1,75 mm. Težina 1000 sjemenki je 8-12 g, a 1 kg sadrži 100 000 sjemenki (Kovačević, 1976). Jedna biljka može proizvesti 36 800 sjemenki koje mogu niknuti i s dubine do 13 cm (Fisjunov, 1984). Temperaturni raspon klijanja je od 8ºC do 40ºC (Lešnik, 1999). U našim uvjetima nicanje počinje u travnju (svibnju), a produžuje se sve do prvog mraza, tako da ga se često može vidjeti na strništima s kojih se dalje širi. Europski mračnjak lokalno se širi stajskim gnojem, a na udaljena mjesta izvozom stočne hrane. Konstantno nicanje tijekom cijele vegetacijske sezone predstavlja najveću poteškoću u suzbijanju ovog korova. Novak (2007) navodi probleme u suzbijanju ove vrste te djelotvorne herbicide u različitim kulturama.

Holec i sur. (2004) navode da se europski mračnjak u srednjoj Europi pojavljuje u većim populacijama od sredine 80-ih godina 20. stoljeća. Podaci o visokom stupnju zakorovljenosti usjeva kukuruza ovim korovom u Hrvatskoj također datiraju iz tog vremena (Špoljarić, 1982. cit. Hulina, 2000). Hulina (2000) navodi da se prvo pojavio u istočnim krajevima Hrvatske odakle je krenulo širenje prema zapadu.

Premda je europski mračnjak dugo prisutan na području Hrvatske (prvi podaci stari gotovo 150 godina), tek od osamdesetih godina prošlog stoljeća postaje zamjetan i sve veći problem u poljoprivrednoj proizvodnji. Primijetili smo da se u većim populacijama pojavljuje se više u poljima intenzivne nego u poljima ekstenzivne poljoprivredne proizvodnje. Na ruderalnim površinama nije znatnije proširen. Poljoprivrednicima stvara nerješive probleme i velike financijske gubitke. Suzbijanje herbicidima u pojedinim kulturama je izazov koji zahtjeva puno znanja i preciznosti.

Veliki problem u širenju ovog korova je njegov vanjski izgled, jer kad se pojavi na novom području, lokalni stanovnici najčešće griješe i ne suzbiju tu ″ukrasnu″ biljku koju ne poznaju, a koja se vrlo brzo pokaže kao agresivan i štetan korov. Nalazili smo ga i po okućnicama gdje je kao ukras brižno njegovan, nerijetko i namjerno sijan (slika 2).



Slike 2 i 3. Europski mračnjak kao ukras okućnice i kao korov u kukuruzu (snimio N. Novak)

Iako je već dugo prisutan na ovim prostorima te na nekim lokacijama (istok zemlje) već duže vrijeme uzrokuje velike štete, mišljenja smo da njegovo iznimno brzo širenje traje od sredine 1990-tih. Danas je to jedan od najagresivnijih korova okopavina u Republici Hrvatskoj, posebno kukuruza (slika 3), šećerne repe, soje i suncokreta, s tendencijom daljeg brzog i nekontroliranog širenja. Često je nerješiv problem i u različitom povrću u kojem je uzak izbor herbicida tako da je suzbijanje uglavnom mehaničko.

Prema našim zapažanjima, europski mračnjak proširen je u svim županijama kontinentalnog područja sve do Karlovca. Zabilježen je i na više mjesta na obali na izdvojenim lokacijama u manjem obujmu, ali gotovo uvijek u gustim oazama – potencijalnim žarištima nove invazije (Pula, Poreč, Pavlomir kod Novog Vinodolskog, Jankolovica kod Biograda na Moru, Imotski, Ploče, dolina rijeka Neretve). Pojedinačne biljke zabilježene su kao ukrasne u Matuljima i Pirovcu (slika 2).

2.3.2.3 Obična dikica - *Xanthium strumarium* L.

Obična dikica je jednogodišnja zeljasta biljka podrijetlom iz Sjeverne Amerike (Nikolić, 2014).

Stabljika vrste je uspravna, razgranata, često s crvenim ili smeđim mrljama, a naraste 20-150 cm (Weber, 2005). Listovi su izmjenični, okruglasti do jajasti, s tri tupa režnja grubo

napiljenih rubova, a s obje strane nose žutosmeđe žlijezde koje su izvor žute boje pa otuda i latinski naziv roda, grč. *xanthos* = žut. Stabljika, peteljke i listovi su hrapavi. Cvjetovi su jednospolni, na istoj biljci skupljeni u glavičaste cvatove koji su pojedinačni ili ih je po nekoliko skupljeno u pazušcima listova. Muški cvatovi, promjera 6-8 mm, smješteni su na vrhu ili gornjem dijelu stabljike, a ženski ispod, u pazušcima listova. Zeleni muški cvjetovi prekriveni su žlijezdama, cjevasto-valjkasti, s pet kratkih zubaca na vrhu. Ženski cvatovi nose samo po dva cvijeta koji su obavijeni kljunastim ovojem i brojnim kukastim bodljama. Cvate od srpnja do rujna. Ovoj ploda dug je 20-25 mm, jajasto eliptičan, obrastao krutim dlakama i bodljama, kukasto savijenih vrhova. Plod je u zrelom stanju žut do tamnosmeđ (Kovačić i sur., 2008).

Obična dikica je vrlo varijabilna vrsta koja taksonomski nije do kraja određena (Lodeta i sur., 2006). Danas se smatra da su mnogobrojne vrste roda *Xanthium* lokalne varijante vrste *Xanthium strumarium* L. koja varira u habitusu biljke, obliku i veličini ploda te odgovoru na utjecaj okoline. Weber (2005) također navodi brojne varijetete vrste čije podrijetlo također smatra nesigurnim. Bez obzira na podrijetlo, obična dikica je vrlo kompetitivna vrsta. Kompeticija posebno dolazi do izražaja u soji gdje 5 jedinki na 6,1 metar dužine reda, u razdoblju od 6, odnosno 12 tjedana umanje prirod za 12% odnosno 30%, a 10 jedinki za 16% odnosno 43% (Camper, 1986).

Prema našim zapažanjima, obična dikica je čest korov u različitim širokorednim poljoprivrednim kulturama (okopavinama) kao što su kukuruz, suncokret, soja, šećerna repa, različite vrste povrća i dr. Prisutna je gotovo svugdje gdje se uzgajaju navedene kulture, kako u kontinentalnom tako i obalnom dijelu Hrvatske. U usjevima gustog sklopa (strne žitarice, uljana repica i dr.) pojavljuje se rijetko, uglavnom kao posljedica prorijeđenog sklopa. Češće je prisutna u intenzivnim nego u ekstenzivnim nasadima višegodišnjih kultura (vinogradi, voćnjaci). U Hrvatskoj je u većoj mjeri proširena u istočnoj Slavoniji i Posavini, a zadnjih godina se intenzivnije širi u unutrašnjosti Dalmacije (zaleđe Zadra i Šibenika). U sjeverozapadnoj Hrvatskoj dolazi tek sporadično, a u manjoj mjeri štetna je u povrću u delti rijeke Neretve (Lodeta i sur., 2006). Često zakorovljuje strništa različitih kultura (slike 4 i 5), najčešće strnih žitarica i uljane repice, na kojima poljoprivrednici u Hrvatskoj rijetko provode mjere suzbijanja čime dopuštaju osjemenjivanje i daljnje širenje ove invazivne vrste. Lodeta (2007) također navodi da dikica u našim proizvodnim uvjetima postaje sve važniji korov okopavina te ističe izrazito depresivno djelovanje dikice na soju.




Slike 4 i 5. Obična dikica na strništu (snimio N. Novak)

2.3.2.4 Pelinolisni limundžik - *Ambrosia artemisiifolia* L.

Pelinolisni limundžik je jednogodišnja zeljasta biljka podrijetlom iz Sjeverne Amerike gdje je zabilježena u svim državama osim Aljaske (Coble, 2008).

Vrsta je slučajno unesena u Europu u 40-im godinama 20. stoljeća. U Hrvatskoj ju je prvi zabilježio Josip Kovačević 1941. g. i već tada upozoravao na njezinu štetnost i potrebe suzbijanja (Galzina i sur., 2010a). Najpoznatije narodno ime vrste je ambrozija, a potječe od latinskog imena roda kojem pripada. Zbog vremena kad je zamijećena, točnije prvog nalaza, potječe još jedno od narodnih imena ove biljke – partizanka. Termofilna (toploljubiva) je vrsta vretenastog korijena i razgranjene dlakave stabljike koja može doseći više od 2 m visine. Listovi su perasto razdijeljeni, odozgo tamnozeleni, a odozdo bijelo ili sivo dlakavi. Cvjetovi su skupljeni u jednospolne glavice. Muške glavice su viseće, polukuglaste (4-5 cm) i stoje na kratkim drščima, u gustim terminalnim cvatovima. Cvjetovi u glavici su brojni (10-15) i blijedožuti. Za razliku od muških, ženske glavice su pojedinačne i sadrže po jedan ženski cvijet. Smještene su u pazušcima najgornjih listova, ispod muških glavica. Plod je roška. Biljka godišnje proizvede do 3000 roški koje zadržavaju klijavost i do 40 godina (Knežević, 2006). Prema Šariću (1991) veličina roške je 2,5-3,2 X 1-1,7 X 1,5-2 mm, a sjemena 1,5-2,5 X 0,7-1,5 X 1-1,7 mm. Težina 100 sjemenki iznosi 2,5 grama.

Pelinolisni limundžik ili ambrozija vjerojatno je najpoznatija invazivna svjetska vrsta zbog alergija koje izaziva njezin cvjetni prah (polen, pelud). Prema DAISIE (Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe) internacionalnoj bazi podataka o invazivnim alohtonim vrstama, ambrozija je jedna od 18 terestričkih vrsta biljaka svrstanih među 100 najgorih invazivnih alohtonih vrsta (http://www.europe-aliens.org/speciesTheWorst.doc).

Samo jedna biljka može proizvesti 8 milijuna peludnih zrnaca koja se šire vjetrom. Do 1970. alergije izazvane peludom ambrozije smatrale su se isključivo problemom sjevernoameričkog kontinenta otkud ova vrsta potječe (Kontrec, 2005). Danas se procjenjuje da svaki četvrti stanovnik planeta Zemlje pati od polenske alergije, a svaki osmi je alergičan na polen ambrozije. FČak 150.000 građana Zagreba muče različite alergije, čiji se broj tijekom cvatnje ambrozije u kolovozu i rujnu poveća i na 250.000 (Grad Zagreb, 2005). Zbog konstantnog povećanja osoba alergičnih na pelud ambrozije, ona postaje ozbiljan javnozdravstveni problem zbog čega su mnoge europske zemlje razvile strategije borbe protiv ove invazivne vrste. Osnovano je i „International ragweed society" (IRS) tj. međunarodno društvo koje se bavi ambrozijom s naglaskom na alergije i astmu koju polen ove vrste može izazvati. Osim zdravstvenih problema, prinosi mnogih poljoprivrednih kultura koje ova vrsta zakorovljuje su smanjeni, a mnogi alergičari, i pored uzimanja lijekova, u periodu cvatnje su privremeno nesposobni za rad, što je dodatan udarac na ekonomiju država u kojima je ova vrsta proširena. Primijetili smo da je u Hrvatskoj, zbog nekonzultiranja struke, uobičajena praksa masovnog uništavanja ove biljke u rujnu, od čega nema velike koristi jer je takve akcije potrebno provoditi prije cvatnje i osjemenjivanja, kao što preporuča i IRS obilježavanjem Međunarodnog dana borbe protiv ambrozije prvog vikenda u lipnju nakon kalendarskog početka ljeta.

Vrsta je proširena širom kontinentalnog područja u kojem je izrazito agresivna. Zabilježena je i u priobalnom i gorskom dijelu Hrvatske gdje je prisutna uglavnom lokalno uz znatno manju agresivnost u odnosu na kontinentalni dio. Barić i sur. (2007) su od 2004. do 2006. obavljali kartiranje, odnosno utvrdili raširenost ambrozije na području Republike Hrvatske. Autori su obavili 1937 pregleda u 473 općine (u svim županijama) te navode da je prisutna u svim kontinentalnim općinama dok u 31 priobalnoj općini nije utvrđena. Temeljem obavljenog kartiranja Galzina i sur. (2010b) su objavili kartu rasprostranjenosti ove vrste u Republici Hrvatskoj. Ambrozija je navedena kao jedna od 18 invazivnih alohtonih vrsta rasprostranjenih na obradivim površinama Plešivičkog prigorja (Dujmović Purgar, 2006) te jedna od pet invazivnih alohtonih vrsta rasprostranjenih u vrtovima istog područja (Dujmović Purgar, 2010).

Ambrozija je čest korov u različitim širokorednim poljoprivrednim kulturama (okopavinama) kao što su kukuruz, suncokret (slika 6), soja, šećerna repa, različite vrste povrća i dr. U obilascima polja primjetili smo da se u usjevima gustog sklopa (pšenica, ječam i dr.) pojavljuje rijetko, uglavnom kao posljedica prorijeđenog sklopa (slika 7). Češće zakorovljuje intenzivne nego ekstenzivne nasade višegodišnjih kultura (vinogradi, voćnjaci). Galzina i sur. (2010c) navode da je 1979. ambrozija po rasprostranjenosti bila deseti korov okopavina, a 30 godina kasnije (2009.) postala je drugi. Ako se uzmu u obzir

samo jednogodišnji širokolisni korovi, ambrozija je u Hrvatskoj najrasprostranjeniji jednogodišnji širokolisni korov okopavina.




Slike 6 i 7. Ambrozija kao korov u suncokretu i u ječmu kao posljedica prorijeđenog sklopa (snimio N. Novak)

Prema vlastitom iskustvu, u kulturama u kojima se pojavljuje, uglavnom postoje učinkovita herbicidna sredstva. Unatoč tome i usprkos Naredbi o poduzimanju mjera obveznog uklanjanja ambrozije – *Ambrosia artemisiifolia* L. (NN br. 72/07), ova agresivna vrsta se i dalje širi. S Naredbom se zakasnilo jer je prije njezina donošenja ambrozija već postala dominantan korov u više poljoprivrednih kultura, a masovno se pojavljivala i na različitim ruderalnim staništima (parkovi, građevinska zemljišta, odlagališta otpada, različite prometnice i dr.) na kojima egzistira i danas. Zemlja s gradilišta također je jedan od načina širenja ove vrste. Osim toga, inspekcijske kontrole nisu sustavne i redovite tako da su rezultati protiv uznapredovale invazije dosta slabi. U obilascima poljoprivrednih zemljišta kontinentalne Hrvatske primijećeno je da su strništa pravi „rasadnici“ ove invazivne vrste, što navodi i Rašić (2012), i to je jedan od najvećih problema u njezinu širenju.

2.3.2.5 Amorfa - *Amorpha fruticosa* L.

Amorfa je listopadni gusto razgranjeni drvenasti grm podrijetlom iz Sjeverne Amerike (Nikolić, 2014).

Vrlo čest hrvatski naziv za amorfu je čivitnjača. U Europu je unesena 1724. U Hrvatskoj se pojavila početkom 20. stoljeća (Idžojtić i sur., 2009), a kao opasan korov spominje se već 1938. (Lovrić i sur., 2009).

Heliofilna (svjetloljubiva) je vrsta koja naraste do 4 m visine (slika 8). Listovi dužine 10-30 cm su neparno perasto sastavljeni i broje 9-35 ovalnih lisaka, dužine 1-5 cm i širine 0,5-3 cm. Ljubičasti, raznospolni i entomofilni cvjetovi (oprašuju se uz pomoć kukaca), dužine 8-10 mm skupljeni su u grozdove dužine do 20 cm, koji su smješteni na krajevima izboja. Prašnice su žute. Plodovi su sitne, oko 1 cm duge, bradavičaste i pomalo zakrivljene mahune koje sadrže po jednu sjemenku. Sjemenke su dugačke oko 5 mm i široke oko 1,8 mm s visokim postotkom dormantnosti (Weber, 2005).

Amorfa raste na neutralnim, slabo kiselim i slabo bazičnim tlima, a izbjegava ekstremno kisela i bazična tla. Najviše joj pogoduju vlažna staništa s kojih se širi vodom. Redovito i obilno plodonosi, a obnavlja se i vegetativno izdancima iz korijena (Idžojtić i sur., 2009). U našim uvjetima cvjeta krajem proljeća i početkom ljeta. Izuzetna je medonosna vrsta na čijim cvjetovima se tijekom cvatnje sakupi veliki broj pčela i leptira. Stoga je amorfa među pčelarima popularna vrsta, zbog čega njeno širenje potpomaže i trgovina (slika 9).



Slike 8 i 9. Visoke biljke amorfe u Parku prirode Kopački Rit i sadnice amorfe u prodaji kao pčelinja paša (snimio N. Novak)

Amorfa je vrlo agresivna na vlažnim staništima kojima je prilagođena i koja joj posebno odgovaraju. U takvim uvjetima, obilne plodove raznosi poplavna voda pa se zakorovljene površine naglo povećavaju. Širi se nizinskim područjem, uz obale rijeka i jezera. Zbog navedenih osobina, agresivnija je i rasprostranjenija u kontinentalnom dijelu Hrvatske iako smo je zabilježili i u obalnom dijelu (uz rijeku Cetinu u Omišu i okolici). Čest je i opasan korov u šumarstvu. Liović (2009) ju izdvaja kao najopasniji korov u nizinskim hrastovim šumama i navodi da se najveće zakorovljene površine nalaze u dolinama rijeka Save, Drave i Kupe.

U nekim županijama, od kojih izdvajamo Sisačko-moslavačku i Brodsko-posavsku, amorfa zauzima ogromne, gotovo nepregledne površine. Uz Autocestu A3 (Posavska autocesta) od Zagreba prema istoku ova vrsta, počevši oko Popovače, formira desetke kilometara „zelenog zida“ s obje strane autoceste. Izrazito je agresivna u području Novska-Jasenovac u kojem smo zabilježili stotine hektara njene monokulture. Krajobrazi atraktivnih turističkih lokacija kao što su selo roda Čigoč i jezero Šumbar u blizini Karlovca (ribolovni turizam) nagrđeni su zbog njezine agresivnosti. Kao posebnu štetu od ove vrste izdvajamo parkove prirode Kopački Rit (slika 8), osobito područje Bajar, i Lonjsko polje, u kojima se amorfa proširila na račun autohtonih vrsta te na ogromnim površinama formirala monokulturu, potpuno promijenivši izgled krajobraza.

2.3.2.6 Japanski dvornik - *Reynoutria japonica* Houtt.

Japanski dvornik je višegodišnja biljka grmolikog izgleda podrijetlom iz Azije (Nikolić, 2014).

Mladi izboji japanskog dvornika pojavljuju se u proljeće i crvene su boje. Porastom pozelene i posuti su crvenkastim pjegama. Rastu iz snažnih i lomljivih podzemnih organa koji prodiru do 3 m u dubinu i mogu biti dužine do 20 m (http://www.europe-aliens.org/pdf/Fallopia_japonica.pdf). Snažne i visoke stabljike tvore gustu šikaru, a izgledom podsjećaju na bambus. Vrstu karakterizira brz porast, a prema Weberu (2005) može dosegnuti do 4 m visine. Na nekoliko lokacija u Hrvatskoj zabilježili smo biljke navedene, i nešto veće visine (slika 10). Listovi japanskog dvornika srcolikog su oblika, cjelovitog ruba sa zašiljenim vrhom, dužine najčešće do 15 cm, ali mogu biti i veći. Cvjetovi su kremasto-bijeli u grozdastim cvatovima dužine 10-15 cm. Cvjeta u kasno ljeto i jesen. Vrsta je diecijska (dvodomna) i entomofilna. U Europu je unesena kao ukrasna biljka sredinom 19. stoljeća (Novak i sur., 2010). Prema Europskoj mreži o invazivnim alohtonim vrstama NOBANIS (European Network on Invasive Alien Species), introducirani su samo ženski klonovi ove vrste tako da je širenje ove vrste isključivo vegetativno (http://www.nobanis.org/files/factsheets/Fallopia_japonica.pdf).

Pored brzog rasta, jedna od važnih osobina ove vrste je visoka sposobnost regeneracije tako da suzbijanje vrlo često nije dovoljno učinkovito. Razgranatost, velika biomasa podzemnog i nadzemnog dijela biljke, mogućnost regeneracije iz samo 1 cm (Lodeta i Novak, 2010) ili 0,7 g rizoma, upućuju na vrstu kod koje je za suzbijanje etabliranih populacija potrebna stručnost i upornost. Gotovo je nevjerojatan podatak da je za mehaničko suzbijanje ove vrste, uz rezanje izboja najmanje jednom mjesečno u periodu

rasta, potrebno više od 10 godina (Cornwall County Council, 2001). Nakon svakog rezanja potrebno je propisno uništiti biljni materijal zbog sprečavanja daljnjeg širenja. Prema Bashtanova i sur. (2009) jedan od načina učinkovitijeg suzbijanja je „buđenje“ spavajućih pupova korijena nakon čega treba slijediti višekratan tretman učinkovitim translokacijskim (sistemičnim) herbicidom.

Iz navedenog je vidljivo zašto je japanski dvornik, prema DAISIE bazi podataka, jedna od 18 terestričkih vrsta biljaka svrstanih među 100 najopasnijih europskih invazivnih alohtonih vrsta, i to na listi koja ne uključuje samo biljke (http://www.europe-aliens.org/speciesTheWorst.doc).

U obilascima terena japanski dvornik smo nalazili na širokom rasponu različitih ruderalnih staništa kao što su obale različitih površinskih voda, kanali, rubovi šuma, gradilišta, odlagališta otpada, blizina prometnica, okućnice i dr. Posebno mu pogoduju vlažna staništa na kojima pokazuje visok stupanj agresivnosti. Zbog atraktivnog izgleda i neinformiranosti javnosti, japanski dvornik je čest ukras okućnica (slika 10), što predstavlja jedan od načina širenja. Kad se pretjerano razgrana, vlasnik odreže i odbaci višak stabljike, a svaki odbačeni dio može izrasti u novu biljku. Kod japanskog dvornika posebno je vidljiv utjecaj ljudskog djelovanja u širenju što posebno dolazi do izražaja u Lici i Gorskom kotaru gdje su nalazi gotovo isključivo vezani uz naseljena mjesta ili različite ljudske djelatnosti. U stabilnim ekosistemima japanskog dvornika gotovo nema (Novak i sur., 2010). U Istri i Dalmaciji je zabilježeno nekoliko pojedinačnih biljaka. Pravu agresivnost pokazuje u kontinentalnom dijelu Hrvatske gdje smo ga zabilježili u svim županijama s tendencijom daljnjeg širenja. U Hrvatskoj su također prisutne, ali prema našim zapažanjima u znatno manjoj mjeri, i srodne vrste *Reynoutria sachalinensis* (F.S.Petrop.) Nakai in T. Mori i *Reynoutria* x *bohemica* Chrtek et Chrtková.

Prema vlastitim zapažanjima, kao posebno ugroženu lokaciju izdvajamo grad Karlovac i okolicu gdje se vrsta agresivno proširila na velike površine i potpuno promijenila izgled krajobraza. Proširena je uz rijeke te uz prometnice u gradu i okolici. Zbog habitusa i visokog stupnja agresivnosti, na područjima na kojima je proširena potpuno prekriva tlo i formira monokulturu ne dozvoljavajući rast niti jednoj drugoj vrsti (slika 11).




Slike 10 i 11. Biljka japanskog dvornika uzgajana kao ukrasna (snimila Maja Novak) i formirana monokultura u prirodi (snimio N. Novak)

2.3.2.7 Pajasen - *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle

Pajasen je brzorastuće stablo podrijetlom iz sušnih i toplih predjela Kine (Nikolić, 2014).

Naziv roda potječe od amboneškog/južnomolučkog/indonezijskog *ailanto* = poseže za nebom, drvo bogova ili nebesko drvo, a naziv vrste od latinskog *altus* = visok, zbog brzog rasta i visine koju doseže (Kovačić i sur., 2008). Različiti autori navode različite podatke o visini stabla. Prema DAISIE bazi podataka pajasen naraste 8-10 m (http://www.europe-aliens.org/pdf/Ailanthus_altissima.pdf), Weber (2005) navodi visinu 5-25 m, Kovačić i sur. (2008) 17-27 m, a Lodeta i sur. (2010) maksimalnu visinu do 35 m. Obzirom na vlastita iskustva, potonja procjena je najbliža kapacitetima ove vrste.

Kora debla je svijetlosiva, često s uzdužnim bijelim prugama, a starenjem puca. Naizmjenični listovi, dužine 30-100 cm, sastavljeni su od 10 do 40 lisaka (Weber, 2005). Liske su dužine 5-18 cm. Sitni žućkastozeleni (poslije crvenkasti) cvjetovi skupljeni su u upadljive, do 40 cm duge metličaste cvatove koji se razvijaju od svibnja do srpnja. Vrsta je dvodomna, a muški cvatovi sadrže više cvjetova od ženskih pa su uočljiviji i ispuštaju jak miris kojim privlače oprašivače. Plodovi su dvostruko okriljeni žućkastozeleni do svijetlosmeđi (crvenkasti) oraščići koji se na stablu zadržavaju do idućeg proljeća (Kovačić i sur., 2008). Osim vjetrom, moguće je širenje vodom i pomoću strojeva (http://www.europe-aliens.org/pdf/Ailanthus_altissima.pdf). Značajke ove vrste su specifičan, neugodan miris svih dijelova biljke i ožiljci u obliku srca nakon jesenskog opadanja lišća.

Pajasen posjeduje neka svojstva koje ga čine iznimno oportunističkom, agresivnom i prilagodljivom vrstom, jednom od najinvazivnijih vrsta stabala na svijetu koja je

naturalizirana na svim naseljenim kontinentima (Kovačić i sur., 2008). Jedna od važnih karakteristika je vegetativno razmnožavanje. Novak i Kravarščan (2013) navode da se korjenovi izbojci pojavljuju i na 20 m udaljenosti od matičnog stabla. Weber (2005) navodi nevjerojatnu brojku od milion proizvedenih sjemenki godišnje po jednoj biljci. Vrsta je heliofilna i izrazito otporna na visoke temperature, posolicu i dugotrajne suše, a ne trpi samo suvišak vode i duboku sjenu. Sjemenke su sposobne niknuti „iz kamena“ (slika 12). Prema vlastitom iskustvu, pajasen se nakon tretmana herbicidima obnavlja, a nakon sječe izboji rastu još brže tako da je za uspješno suzbijanje potrebna kombinacija mehaničkog i kemijskog suzbijanja tijekom nekoliko godina.

Iz svega navedenog ne čudi da je prema DAISIE bazi podataka pajasen jedna od 18 terestričkih vrsta biljaka svrstanih između 100 najgorih invazivnih alohtonih vrsta na listi koja ne uključuje samo biljke (http://www.europe-aliens.org/speciesTheWorst.doc).




Slike 12 i 13. Nicanje pajasena „iz kamena“ i formirana monokultura (snimio N. Novak)

Zbog navedenih osobina, iznimne prilagodljivosti, agresivnosti i visoke tolerantnosti na različite tipove staništa, pajasen je rasprostranjen duž cijele Hrvatske. Zabilježen je u Gradu Zagrebu i svih 20 županija (Novak i Novak, 2016). Brojni hrvatski nazivi, na koje smo nalazili u različitim dijelovima Hrvatske, kao što su žljezdasti pajasen, divlji orah, kiselo drvo, Božje dervo, betonsko drvo, bogač, rajsko stablo, jelš, tatula, smrdelj, smrdejak, kiseljak, rusovina govore o širokoj rasprostranjenosti pajasena u Hrvatskoj. Idžojtić i Zebec (2006) smatraju ga najagresivnijom invazivnom drvenastom vrstom u Hrvatskoj koja se širi na nova područja. U nekim područjima Hrvatske je, zbog brzog rasta i razvijenog korjenovog sistema, sustavno sađen kao vrsta koja sanira klizišta, a ponekad i kao ukrasna biljka. Veću agresivnost pokazuje u obalnom dijelu Hrvatske. Uočljiv je duž cijele jadranske magistrale, od Istre do juga Dalmacije. Prisutan je na većini jadranskih otoka i na mnogima se agresivno širi i osvaja sve veće površine nerijetko formirajući

monokulture (slika 13). Na otoku Cresu potiskuje autohtono bilje i mijenja ravnotežu ekosustava (Novak i sur., 2009). Na Dugom otoku zabilježili smo ga je kod skretanja za Park prirode Telašćica. U Nacionalnom parku Krka pajasen na više lokaliteta guši autohtono bilje, remeti prirodnu ravnotežu i nagrđuje okoliš koji je sve manje izvornog izgleda. Zbog zabrane primjene kemijskih sredstava u zaštićenim područjima, postoji opasnost većeg proširenja i velikih šteta. Najposjećenije i najpoznatije mjesto parka je Carski vidikovac, izgrađen 1875. s kojeg se pruža pogled na Skradinski buk koji je jedna od najpoznatijih prirodnih ljepota Hrvatske i najveće sedreno slapište Europe. Ostali smo zatečeni pogledom sa Carskog vidikovca nagrđenim invazivnom vrstom koja ne pripada u taj ekosistem i u koji nikada ne bi došla prirodnim putem (slika 14). Invazivna alohtona vrsta je u ekosistem dospjela posredstvom druge, najinvazivnije svjetske vrste – čovjeka.



Slika 14. Pogled sa Carskog vidikovca, NP Krka (snimio N. Novak)

2.3.2.8 Velika zlatnica - *Solidago gigantea* Aiton

Velika zlatnica je višegodišnja zeljasta biljka podrijetlom iz Sjeverne Amerike (Knežević, 2006).

Stabljika velike zlatnice je uspravna, jako olistala i može doseći visinu do 2,5 m. Listovi su lancetasti, dugačko ušiljeni, s obje strane goli, a na rubu pilasti. Cjevasti cvjetovi su dvospolni, zlatno-žuti, a jezičasti jednospolni, linearni i također žuti. Glavice stoje na kratkim stapkama u terminalnoj metlici koja je piramidalnog oblika. Cvate od srpnja do

listopada (Knežević, 2006). Cvatnja započinje u donjem dijelu cvata i nastavlja se prema gore. Entomofilna je biljka, a glavni oprašivač je medonosna pčela (*Apis mellifera*) te u nešto manjoj mjeri bumbari (*Bombus* sp.). Razmnožava se vegetativno (podzemna stabljika) i generativno (sjemenjem). Stabilne populacije uglavnom se šire vegetativno. U širenju na nove površine važnu ulogu imaju rizomi koji lako pucaju i bivaju nošeni vodom na nove prostore (Weber, 2005).

Velika zlatnica je invazivna alohtona vrsta proširena u cijelom kontinentalnom području Hrvatske. Prema našim zapažanjima, u Lici i Gorskom Kotaru prisutna je lokalno, kao i u obalnom dijelu Hrvatske gdje je česta ukrasna biljka što pogoduje širenju. Ponekad raste u zajednici sa srodnom i vrlo sličnom gustocvjetnom (kanadskom) zlatnicom - *Solidago canadensis* L. Novak i Lodeta (2010) ističu kako je velika zlatnica, uz ambroziju, najrasprostranjenija i najagresivnija invazivna alohtona vrsta u Hrvatskoj.

Pored uobičajenih staništa kao što su rubovi šuma i šumski procjepi, kanali, riječne obale, različite prometnice i sl., tipična staništa ovog korova na kojima pokazuje najveću agresivnost i znatno dominira nad ostalim vrstama stvarajući monokulturu (slike 15 i 16), su zapuštena polja tj. napuštene poljoprivredne površine. Obzirom na ovaj podatak, ogromne površine pod ovim agresivnim kolonizatorom dosta govore o stanju u hrvatskoj poljoprivredi tj. o količini zapuštenih poljoprivrednih površina. Vrsta ne podnosi obradu tla i rijetko zakorovljuje usjeve pa je olakotna okolnost u ovoj situaciji da postoji jednostavna i višestruko isplativa mjera kontrole velike zlatnice - privođenje tla kulturi.



Slike 15 i 16. Formirane monokulture velike zlatnice (snimio N. Novak)

2.4 Alelopatsko djelovanje invazivnih korovnih vrsta

2.4.1 Jednogodišnje vrste

Postoji više načina utvrđivanja alelopatskog potencijala neke vrste, a najčešća su istraživanja u Petrijevim zdjelicama (petrijevkama) u kojima se utvrđuje utjecaj ekstrakta biljke donora na klijanje i rani porast klijanaca test-vrsta. Neke alelokemikalije utječu na postotak klijavosti, a neke na duljinu korjenčića i/ili klice test biljaka. Tako Bruckner (1998) i Hodisan i sur. (2009) navode značajno smanjenje postotka klijavosti test-vrsta, a Vidotto i sur. (2013) mjere više od 50% inhibicije rasta klijanaca rajčice na tretmanu vodenim ekstraktom ambrozije. Autori ističu alelopatiju kao jedan od mehanizama koji pomažu ambroziji u širenju na nove prostore. Hodisan i sur. (2009) mjere inhibitorno djelovanje vodenih ekstrakata ambrozije na duljine korjenčića i klice uljane repice. Choi i sur. (2010) utvrdili su 68,3%, 74,6% i 87,3% manju klijavost test-vrstama (*Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv., *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop. i C*yperus microiria* Steud.) na tretmanu ekstraktom lista ambrozije. Chon i Nelson (2010) ističu kako veliki broj vrsta iz porodice glavočika (Asteraceae) posjeduje visok alelopatski potencijal. Zanimljivo je da autori izdvajaju rodove *Artemisia*, *Cirsium*, *Lactuca* i *Xanthium* te je zamjetno da nije naveden rod *Ambrosia*. Inam i sur. (1987) potvrđuju pretpostavku o rodu *Xanthium* izvjestivši kako vodeni ekstrakt dikice inhibira klijanje i rani porast klijanaca test-vrsta *Brassica campestris* L., *Lactuca sativa* L. i *Pennisetum americanum* (L.) Leeke. Više autora izvijestilo je da ekstrakt dikice inhibira klijanje test-vrsta (Kadioglu, 2004.; Tanveer i sur., 2008.; Jalal i sur., 2013). U istraživanjima Shajie i Saffari (2007) vodeni ekstrakti lista i stabljike dikice djeluju inhibitorno na nicanje i rani porast klijanaca kukuruza, uljane repice, slanutka, leće i sezama. Konstantinović i sur. (2013) navode da je klijavost soje na tretmanima ekstraktima dikice i europskog mračnjaka smanjena 18,5-35,8%, a kukuruza 14,8-26,8%. Šćepanović i sur. (2007) dokazali su izrazit inhibirajući učinak europskog mračnjaka na ukupnu klijavost te duljinu korjenčića i duljinu klice kukuruza. Snažnije djelovanje utvrđeno je ekstraktima nadzemnog dijela biljke u odnosu na ekstrakt korijena. Ekstrakt nadzemnog dijela korovne vrste bijeli kužnjak (*Datura stramonium*) inhibirao je duljinu klice, a stimulirao duljinu korjenčića kukuruza. Nadzemni ekstrakti obje istraživane korovne vrste smanjili su ukupnu klijavost kukuruza. Konstantinović i sur. (2012) također potvrđuju smanjenje klijavosti kukuruza te navode inhibiciju klijanaca kukuruza i soje nakon tretmana vodenim ekstraktom europskog mračnjaka. Colton i Einhellig (1977. cit. Dekker i Meggitt, 1983) i Colton i Einhellig (1980) izvještavaju da ekstrakt svježeg lišća europskog mračnjaka inhibira rast klijanaca soje što potvrđuje i Novak (2007). Simić i Uludag (2007) navode kako je inhibitorno alelopatsko djelovanje potvrđeno kod mnogih korovnih vrsta te

izdvajaju vrste *Ambrosia artemisiifolia*, *Abutilon theophrasti*, *Datura stramonium*, *Cirsium arvense*, *Asclepias syriaca* L. koje alelopatskim djelovanjem smanjuju prinos usjeva suncokreta. Sve gore navedene korovne vrste prisutne su u Hrvatskoj i pokazuju visok stupanj agresivnosti, a prve tri i suncokret kao test-vrsta, uključene su u istraživanje ove disertacije. Bhowmik i Doll (1982) navode kako vodeni ekstrakti europskog mračnjaka i ambrozije inhibiraju rani porast soje, a nemaju statistički značajnog utjecaj na kukuruz. Kazinczi i sur., (1991. cit. Takács i sur., 2004) pripravljali su odvojene ekstrakte podzemnog i nadzemnog dijela biljaka europskog mračnjaka. Ekstrakt nadzemnog dijela biljke inhibirao je klijanje i duljinu korjenčića vrtnog borovnjaka (*Lepidium sativum* L.), dok je ekstrakt korijena stimulirao duljinu korjenčića iste test-vrste, a nije imao utjecaja na klijanje. Vodeni ekstrakt lišća i alkoholni ekstrakt korijena ove biljke smanjili su klijavost kukuruza, suncokreta i hrapavog šćira (*Amaranthus retroflexus* L.), a stimulativno djelovali na klijanje soje. Suprotno ovim rezultatima, Kazinczi i sur. (2004b) objavljuju da ekstrakti korijena i nadzemnog dijela europskog mračnjaka nemaju utjecaja na klijanje suncokreta. Sterling i Putnam (1984. cit. Kazinczi i sur., 2001b) prskali su test-vrste izlučevinama sa stabljika i peteljki europskog mračnjaka. Izlučevine su uzrokovale simptome fitotoksičnosti na kukuruzu šećercu, soji i krastavcima te reducirale biomasu krastavaca i rotkve. Sterling i Putnam (1987) mjerili su inhibiciju korjenčića vrtnog borovnjaka uslijed djelovanja istih izlučevina. U steriliziranom tlu inhibicija je iznosila 30-95%, a u nesterliziranom nije bilo djelovanja. Rezultati su potvrdili Rice-ov (1984) navod da kemijska i mikrobiološka razgradnja mogu smanjiti djelovanje sekundarnih metabolita biljaka. Sterling i Putnam (1987) su također dokazali da mnogi čimbenici utječu na količinu i toksičnost izlučevina europskog mračnjaka. Tako su ih biljke s jedne lokacije proizvele 1.4 puta više izlučevina (mg/g stabljike) od biljaka s druge lokacije. Međutim, ove druge su u daljnjim istraživanjima bile 1.4 puta toksičnije. Utjecaj vanjskih čimbenika dokazan je i u istraživanju u kojem su biljke uzgojene u stakleniku proizvele 3.3 puta više izlučevina od biljaka koje su rasle u poljskim uvjetima, ali su izlučevine biljaka iz polja bile 1.6 puta toksičnije.

2.4.2 Višegodišnje vrste

Inderjit i Dakshini (1999) su mišljenja da je alelopatsko djelovanje višegodišnjih korova u prirodi značajnije jer se alelokemikalije akumuliraju u okolini biljke, dok je alelopatsko djelovanje jednogodišnjih korova ograničeno na njihov životni ciklus. Vuković (2015) je poduprla ovu hipotezu dokazavši visok alelopatski potencijal tri višegodišnje invazivne alohtone vrste. U istraživanju su ekstrakti pajasena, japanskog dvornika i amorfe iskazali

inhibirajući učinak na postotak klijavosti te duljinu i masu klijanaca test-vrsta. Csiszár i sur. (2013) proveli su istraživanje u kojem su vodeni ekstrakti pajasena, ambrozije, amorfe i japanskog dvornika značajno inhibirali postotak klijavosti i duljinu korjenčića i klice bijele gorušice (*Sinapis alba* L.). Gómez-Aparicio i Canham (2008) utvrdili su da je alelopatsko djelovanje pajasena proporcionalno gustoći biljaka na određenom području, bez obzira na veličinu biljaka. Alelopatsko djelovanje jedne biljke proteže se u radijusu 5 metara. Autori su aktivnim ugljenom deaktivirali alelokemikalije pajasena u tlu što je rezultiralo značajnim porastom klijanaca test-vrsta. Zanimljivo istraživanje s istom vrstom proveli su Lawrence i sur. (1991) koji su dokazali da su test-vrste koje nisu rasle u blizini pajasena osjetljivije od onih koje su rasle u njegovoj životnoj sredini. I sjeme „neizloženih" populacija bilo je osjetljivije od sjemena biljaka koje su rasle u blizini biljaka pajasena. Zbog polučenih rezultata autori smatraju da se tolerantnost prema toksinima ove biljke nasljeđuje. U sličnom smjeru ide i razmišljanje autora Small i sur. (2010) koji sumnjaju u mogućnost da pajasen na području u koje dospije snažnije inhibira rast autohtonih vrsta čime pomaže širenju alohtonih vrsta. U istraživanju Pisule i Meinersa (2010b) ekstrakt listova pajasena pokazao je najveći alelopatski potencijal između deset istraživanih invazivnih vrsta i najsnažnije je inhibirao klijanje rotkve kao test-vrste. De Feo i sur. (2003) dokazali su inhibitorno djelovanje vodenog ekstrakta korijena pajasena na sjeme test-vrsta. Heisey (1990b) je samljeo koru korijena pajasena, pomiješao je sa zemljom u petrijevkama u kojima je klijalo sjeme test-vrsta. Dokazano je da kora korijena pajasena snažno inhibira rast test-vrste *Lepidium sativum*. U drugom istraživanju test-vrste sijane su u zemlju sakupljenu uz pajasenovo korijenje i bile su značajno manje u odnosu na biljke sijane u kontrolno tlo. Slične rezultate u prirodnim uvjetima polučili su Motard i sur. (2011) koji su proučavali vegetaciju koja raste ispod stabala pajasena u šumi u okolici Pariza i zaključili da je ona siromašnija vrstama od one koja raste ispod autohtonih vrsta. Učinak su pripisali kompeticiji i alelopatskim svojstvima pajasena.

Heisey (1990a) je vodenim ekstraktima kore korijena pajasena prskao test-vrste što je rezultiralo gotovo potpunom smrtnošću korovnih vrsta i kukuruza. Ekstrakt je značajno smanjio rast svih biljaka u istraživanju. Nešto veću tolerantnost pokazala je korovna vrsta europski mračnjak. Prvi simptomi bili su vidljivi 24-48 sati nakon tretiranja u obliku nekroza koje su se proširile što je rezultiralo sušenjem listova. Kod kukuruza biljke su poprimile karakterističnu blijedo čokoladno-smeđu boju. Nekoliko dana su stajale u uspravnom položaju prije nego su pale na površinu tla. U drugom istraživanju Heisey i Heisey (2003) su ekstraktom kore stabljike (debla) pajasena prskali test-vrste. Snažan herbicidni učinak uočen je nekoliko dana nakon prskanja. Simptomi fitotoksičnosti i uvenuće zabilježeni su kod 9, a značajno smanjenje mase biljaka kod čak 13 od 17 test-vrsta uključenih u istraživanje. Na kultiviranim vrstama istraživana je selektivnost, ali ekstrakt je djelovao

fitotoksično na sve četiri kulture uključene u istraživanje - grah, cvjetaču, kukuruz i rajčicu. U istraživanju koje je provela Csiszár (2009), klijanje i rani porast bijele gorušice najsnažnije je inhibirano vodenim ekstraktom amorfe nakon kojeg slijede ekstrakti pajasena pa crnog oraha. Pavićević (2013) je također istraživala alelopatski potencijal pajasena, amorfe i japanskog dvornika. Vodeni ekstrakti listova inhibirali su klijanje i rani porast test-vrsta (pšenica i bijela gorušica), a inhibicijsko djelovanje povećavalo se porastom koncentracije ekstrakata. Csiszár i sur. (2012) također izdvajaju pajasen, amorfu i japanski dvornik kao biljke visokog alelopatskog potencijala. Isti autori navode da vodeni ekstrakt velike zlatnice značajno inhibira postotak klijavosti i duljinu korjenčića bijele gorušice dok na duljinu klice nema značajan utjecaj. Pisula i Meiners (2010a) i Živković (2015) navode značajno smanjenje postotka klijavosti test-vrsta, a Peharda (2015) mjeri inhibiciju duljina korjenčića (65,9%) i klice (84,4%) pšenice na tretmanu vodenim ekstraktom velike zlatnice. Međutim neki autori ističu različit alelopatski utjecaj vodenih ekstrakata velike zlatnice pa tako Sekutowski i sur. (2012) navode da ekstrakti svježe mase velike zlatnice imaju inhibitorni učinak na klijavost i duljinu korjenčića heljde, dok djeluju stimulativno na duljinu korjenčića suncokreta. Prema Bortniak i sur. (2011) ekstrakti velike zlatnice imaju inhibitoran učinak na duljinu korjenčića pšenice i pšenoraži (tricikala), dok na uljanu repicu, raž i ječam ne pokazuju nikakav utjecaj.

Vrchotová i Šerá (2008) istraživali su utjecaj vodenih ekstrakata rizoma i lišća tri vrste roda *Reynoutria* (*Reynoutria japonica*, *Reynoutria sachalinensis* (F. Schmidt) Nakai i *Reynoutria* × *bohemica* Chrtek and Chrtková) koje se smatraju invazivnim na gotovo svim područjima na kojima su prisutne. Utvrđen je inhibitorni učinak sve tri vrste na test-vrstu *Leucosinapis alba* (L.) Spach. Lišću je izmjereno jače djelovanje nego rizomima što autori smatraju iznenađujućim obzirom da ove vrste preferiraju vegetativni način razmnožavanja. Autori pretpostavljaju da vrste roda *Reynoutria* sadrže više aktivnih tvari koje imaju alelopatsko djelovanje što potvrđuju i Siemens i Blossey (2007) koji navode alelokemikalije kao jedan od razloga smanjenja biološke raznolikosti u područjima u kojima raste *Reynoutria X bohemica*. Prema autorima, obnova područja devastiranih invazijom treba uključiti selektivno suzbijanje ove biljke, ali i inaktivaciju alelokemikalija nakupljenih u tlu (npr. aktivnim ugljenom) kako bi se mogle saditi autohtone vrste. Inoue i sur. (1992) ističu da je koncentracija alelokemikalija u tlu najveća u jesen jer se, osim iz korijena, izlučuju i iz otpalog lišća.

2.4.3 Dijelovi biljaka s alelopatskim djelovanjem

Većina alelopatskih istraživanja provodi se s ekstraktima čitavih biljaka da se otkrije alelopatski potencijal vrste. Međutim, jedan dio autora želi pronaći biljni organ s najvećim

udjelom alelokemikalija kod neke vrste. Tako su Steenhagen i Zimdal (1979) sakupili lišće i korijenje biljke *Euphorbia esula* L., osušili i pomiješali s tlom u koju je posijana rajčica kao test-vrsta. Biljni dijelovi pomiješani su s tlom u pet različitih težinskih omjera – 0.1, 1.0, 2.5, 5.0 i 10.0%. Visina i suha tvar rajčice inhibirani su već kod 0.1%. Povećanjem udjela biljnih dijelova, povećava se i inhibicija tj. smanjuje rast rajčice. U ovom istraživanju se, suprotno većini drugih, korijen pokazao toksičniji od lišća. Reinhardt i sur. (2004) zaključuju da je kod biljke *Parthenium hysterophorus* L. najveća koncentracija alelokemikalija u listu. Kovács i sur. (1988. cit. Kazinczi i sur., 2001a) i Béres i Csorba (1992. cit. Kazinczi i sur., 2001a) polučili su isti rezultat istražujući utjecaj ekstrakata korijena i lista osjaka na klijanje i rani porast klijanaca više test-vrsta. Ekstraktu lista izmjereno je jače negativno djelovanje u odnosu na ekstrakt korijena. Bendall (1975) je pomiješao ostatke osjaka s tlom u koje je usijavao test-vrste. Utvrđena je inhibicija rasta svih test-vrsta, a suprotno prethodnom navodu, korijen je bio toksičniji od lišća. Kim (2005) je dokazao veći inhibitorni učinak ekstrakta nadzemnog dijela riže od ekstrakta njenog korijena.

Iz prikaza je vidljiva heterogenost rezultata koja proizlazi iz složenosti alelopatskih interakcija, bezbrojnih mogućnosti i kombinacija, mnoštva različitih čimbenika koji utječu na fenomen alelopatije, ali i različitih istraživačkih metoda što nameće potrebu za standardiziranjem istih s čim se slažu i Kazinczi i sur. (2013).

2.4.4 Alelokemikalije kao moćno oružje biljaka

Nakon otkrivanja vrste i biljnog organa s visokim alelopatskim potencijalom, sljedeći korak je otkrivanje i determinacija alelokemikalija. Bohren i sur. (2004) četverogodišnjim poljskim pokusima dokazali da suho lišće biljke *Artemisia annua* L. inkorporirano u tlo smanjuje broj i masu korova. Autori navode artemisinin kao alelokemikaliju odgovornu za inhibiciju. Janjić i sur. (1982) određuju kemijski sastav sjemena kukolja (*Agrostemma githago* L.) iz kojeg je izolirana alelokemikalija agrostemin. Bruckner (1998) ističe inhibitorno djelovanje vodenih ekstrakata ambrozije na sve četiri test-vrste uključene u istraživanje što pripisuje različitim fenolima i terpenoidima izoliranim iz vodenih ekstrakata ove vrste. Beres i sur. (2002) također izdvajaju fenole i terpenoide kao alelokemikalije prisutne u biljkama ambrozije. Wilson (1981. cit. Kazinczi i sur., 2001a) navodi da koncentracija fenola u ekstraktu lišća osjaka iznosi 185 ppm. Kazinczi i sur. (2004a) citiraju navode Karper i sur. (1971) i Narwal (2004) o inhibirajućem učinku bijelog kužnjaka uzrokovanom terpenoidima, fenoloidima i alkaloidima (skopolamin i hiosciamin), prisutnim u toj korovnoj vrsti. Uzrokom alelopatskog inhibitornog djelovanja europskog mračnjaka su fenolne tvari

(Colton i Einhellig, 1980.; Elmore, 1980 cit. Kazinczi i sur., 2001b). Paszkowski i Kremer (1988. cit. Narwal, 1994) pretpostavljaju da flavanoidi sudjeluju u obrambenom mehanizmu sjemena europskog mračnjaka protiv klijanaca konkurentskih vrsta kao i u obrani od parazitskih gljivica. Narwal (2004) nabraja terpenoide, triterpene, saponin i sterol kao alelokemikalije pronađene u biljkama europskog mračnjaka. Gressel i Holm (1964) kromatografijom na papiru i kromatografijom na osnovi ionske izmjene izdvajaju aminokiseline kao uzrok inhibitornog djelovanja ekstrakta sjemena europskog mračnjaka. Elmore (1980 cit. Kazinczi i sur., 2001b) je kvalitativno i kvantitativno odredio sastav ovih aminokiselina i došao do zaključka da su sve aminokiseline odgovorne za alelopatsko djelovanje ove vrste poznate i uobičajene. Ferguson i Rathinasabapathi (2003) navode da alelokemikalije uključuju različite kemijske spojeve i njihove interakcije kao što su fenoli, flavanoidi, terpenoidi, alkaloidi, steroidi, ugljikohidrati i aminokiseline. Iz pajasena, invazivne vrste uključene u ovo istraživanje, autori su izolirali alelokemikaliju ailanton. De Feo i sur. (2003) su iz iste invazivne vrste kromatografijom izolirali aktivne sastojke ailanton, ailantinon, kaparin i ailantinol B (derivati kvazinoida) te neaktivni alkaloid 1-metoksikantin-6-on. Autori navode mogućnost korištenja ovih tvari kao prirodnih herbicida te izdvajaju ailanton kao najaktivniju. Heisey (1996) je također izolirao ailanton iz kore korijena pajasena. Autor navodi da ailanton ima molekularnu masu 376 i da je visoko toksičan, u koncentraciji od 0,7 ml/l uzrokuje 50% inhibicije rasta korjenčića test-vrste tj. sjemena vrste *Lepidium sativum*. Ailanton posjeduje visoku herbicidnu aktivnost prije i nakon nicanja (pre-em i post-em), a posebno je upečatljiva primjena nakon nicanja. Najniža doza od 0,5 kg/ha rezultirala je uvenućem pet od sedam biljnih vrsta uključenih u istraživanje unutar 5 dana od tretmana. Autor ističe da ailanton brzo gubi djelovanje u tlu zbog mikrobiološke razgradnje i smatra da visoka učinkovitost u primjeni nakon nicanja i brza razgradnja u tlu čine ailanton odličnim materijalom za razvoj prirodnog herbicida. Isti autor (Heisey, 1990a) smatra da je najveća koncentracija potentnih inhibitora klijanja i rasta klijanaca kod pajasena u kori, posebno kori korijena, slijede listovi, a najmanja u drvu. Vezano na izolaciju alelokemikalija, Heisey (1990b) ističe da se alelokemikalije ne mogu ekstrahirati diklormetanom dok se lagano ekstrahiraju metanolom. Na temelju svojih rezultata Heisey (1997) zaključuje da najviše ailantona sadrži unutarnja kora drveta i korijenja pajasena, srednju količinu sadrže listovi, a najmanju vanjska kora, te da je izlučivanje iz korijena, a ne iz lišća, mehanizam kojim se ailanton oslobađa u okoliš. Također navodi da su toksični učinci ailantona u tlu kratkog vijeka, vjerojatno zbog mikrobiološke razgradnje te, stoga, dovodi u pitanje alelopatski potencijal pajasena u prirodnim uvjetima.

2.4.5 Perspektiva alelokemikalija

Alelokemikalije se svakodnevno u raznim oblicima koriste u domaćinstvima širom svijeta, u kozmetičkoj i prehrambenoj industriji, i puno više u humanoj u odnosu na fitomedicinu. Pojavljuju se u obliku raznih pripravaka koji se prodaju u humanim ljekarnama. Povijesno Flemingovo otkriće za koje je dobio Nobelovu nagradu i bez kojeg je današnja medicina nezamisliva, nije ništa drugo nego alelokemikalija gljivice *Penicillium notatum* (Novak, 2008).

Porastom ekološke svijesti pučanstva, sve su veći zahtjevi za sigurnijim, selektivnijim i "prirodnijim" pripravcima tj. prirodnijom hranom proizvedenom bez uporabe kemijskih sredstava. Mnogi herbicidi su, iz raznih razloga, zabranjeni na EU razini, što se reflektira na hrvatsko zakonodavstvo i hrvatsku poljoprivredu te je potrebno naći prihvatljive zamjene. Galzina i sur. (2008) navode potencijalne zamjene za atrazin čija zabrana je rezultirala traženjem novih rješenja u suzbijanju korova u kukuruzu. Brojna istraživanja pokazuju da alelokemikalije imaju veliki potencijal za korištenje u fitomedicini. U herbologiji mogu biti korištene kao prirodni herbicidi, regulatori rasta ili kao osnovica za sintezu novih herbicida. Jedan od vodećih herbicida u kukuruzu, u Hrvatskoj i u svijetu, je mezotrion. Iako nije potpuno biljni preparat dozvoljen u ekološkoj poljoprivredi, razvijen je na bazi alelopatskih istraživanja. Iz ukrasne biljke četkovac (*Callistemon citrinus* (Curtis) Skeels) izolirana je alelokemikalija herbicidnog učinka leptospermon, koja je poslužila kao baza za sintezu mezotriona (Cornes, 2005) pa je i to jedna od mogućnosti iskorištenja alelopatskih istraživanja. Osim toga, alelopatske biljke mogu se koristiti kao pokrov (mulch) koji će sprječavati nicanje korova, a pravilnom plodosmjenom biljaka visokog alelopatskog potencijala mogu se reducirati neželjene biljke i(li) stimulirati idući usjevi. Implementacijom alelopatskih svojstava iz divljih u kultivirano bilje moguće je proizvesti kultivare povećane proizvodnje alelokemikalija. Metode otkrivanja, izolacije, identifikacije i proizvodnje sekundarnih produkata neprestano napreduju, postaju sve jednostavnije i jeftinije. Razvojem tih metoda može se očekivati pojava sve većeg broja prirodnih produkata i njihovih derivata na tržištu u obliku herbicida i ostalih sredstava za zaštitu bilja. Osim povoljnijih toksikoloških svojstava tih pripravaka, novi mehanizmi djelovanja pomoći će u rješavanju velikog problema rezistentnosti korova na herbicide, kao i ostalih štetočinja na kemijske pripravke. Miješanjem različitih ekstrakata može se postići bolji učinak tj. sinergističko djelovanje, a moguće je i smanjiti doze (koncentracije) kemijski sintetiziranih pripravaka aplikacijom alelokemikalija prije, zajedno ili nakon aplikacije kemijskih sredstava. Osim toga, biljni ekstrakti mogu se koristiti i kao gnojiva, stimulatori rasta i sl., a njihova proizvodnja jeftinija je i jednostavnija od proizvodnje kemijskih pripravaka. Gajić i sur., tako, za ovu tematiku prilično davne 1973., navode alelokemikaliju

agrostemin koja djeluje stimulativno na mnoge poljoprivredne kulture (pšenicu, kukuruz, suncokret, šećernu repu i dr.) pa čak i na rast i razvoj svinja što je još jedna od mogućnosti komercijalne uporabe. Agrostemin je izoliran iz sjemena kukolja. Gajić svoj pronalazak 1973. patentira, a njegova komercijalizacija počinje 1978., u početku za potrebe poljoprivrede Brazila, a kasnije i cijele Latinske Amerike (apliciran na preko 5.000.000 ha tijekom 80-tih). Danas u Beogradu egzistira i uspješno posluje poduzeće nazvano po spomenutoj alelokemikaliji – „Agrostemin d.o.o." (http://www.agrostemin.co.rs/onama.php). Preparat Agrostemin proizvodi se od 39 biljnih vrsta koje predstavljaju sirovine i početni materijal za proizvodnju. Preparat služi za povećanje prinosa i kvalitete proizvoda u poljoprivredi i šumarstvu. Pored agrostemina, koji nam je prostorno najbliži, postoji još nekoliko primjera različite komercijalne uporabe alelokemikalija. Park i sur. (2011) navode da se ulje klinčića (*Syzygium aromaticum* L.) koristi kao neselektivni folijarni herbicid u organskoj (ekološkoj) poljoprivredi u SAD-u. Autori su dokazali da ulje klinčića suzbija korove na svjetlu i u tami za razliku od parakvata koji djeluje samo na svjetlu. Parakvat je također totalni herbicid, pripadnik prve skupine otrova, u Hrvatskoj zabranjen jer je zabilježeno nekoliko smrtnih slučajeva. Fitotoksični učinci ulja klinčića na biljkama bili su vidljivi već 1 sat nakon aplikacije dok je parakvatu za isti učinak bilo potrebno 5 sati. Nadalje, Ferguson i Rathinasabapathi (2003) i Sladonja i sur. (2015) ističu neselektivno djelovanje ekstrakta pajasena čije je glavni aktivni sastojak ailanton. Farooq i sur. (2011) navode da je alelopatija prirodni fenomen koji može biti iskorišten u poljoprivrednoj proizvodnji u suzbijanju korova, štetnika i bolesti te ju označavaju kao atraktivnu ekološki prihvatljivu alternativu sredstvima za zaštitu bilja. Copping (2009) je objavio veliki broj prirodnih sredstava (biopesticida) različitih namjena u zaštiti bilja (herbicida, insekticida, fungicida, repelenata, feromona…) s kemijskim formulama, točnim podrijetlom aktivne tvari i najvažnijim toksikološkim osobinama.

Sve veći zahtjevi za hranom ne moraju nužno značiti i korištenje većih količina kemijski sintetiziranih pesticida što bi rezultiralo cijelim nizom negativnih posljedica. Boljim poznavanjem alelopatskih interakcija poljoprivrednicima je omogućeno korištenje različitih bioloških metoda u zaštiti bilja. Na taj način povećava se sigurnost hrane i smanjuje onečišćenje okoliša, a to su jedni od ključnih i sve većih globalnih problema.

3. MATERIJALI I METODE RADA

Istraživanje je podijeljeno u dva dijela. U prvom dijelu istraživanja obavljeno je preliminarno utvrđivanje alelopatskog potencijala osam invazivnih alohtonih biljnih vrsta. Cilj prvog dijela istraživanja imalo je za cilj utvrditi i odabrati biljnu vrstu najjačeg alelopatskog potencijala i najosjetljiviju test-vrstu (akceptora).

3.1 Preliminarno utvrđivanje alelopatskog potencijala invazivnih alohtonih biljnih vrsta

U prvi dio istraživanja uključeno je osam invazivnih alohtonih biljnih vrsta (donor vrste) iz šest različitih biljnih porodica. Istraživane vrste prikazane su u tablici 1.

Tablica 1. Prikaz biljnih vrsta korištenih u istraživanju kao donor vrsta

Biljna vrsta donor	Znanstveni kod vrste	Porodica	Životni ciklus
Abutilon theophrasti Med. (europski mračnjak)	ABUTH	Malvaceae (sljezovi)	jednogodišnje vrste
Ambrosia artemisiifolia L. (pelinolisni limundžik, ambrozija)	AMBEL	Asteraceae (glavočike)	
Datura stramonium L. (bijeli kužnjak)	DATST	Solanaceae (pomoćnice)	
Xanthium strumarium L. (dikica)	XANST	Asteraceae (glavočike)	
Ailanthus altissima (Mill.) Swingle (pajasen)	AILAL	Simaroubaceae (pajaseni)	višegodišnje vrste
Amorpha fruticosa L. (amorfa)	AMHFR	Fabaceae (mahunarke)	
Reynoutria japonica Houtt. (japanski dvornik)	REYJA	Polygonaceae (dvornici)	
Solidago gigantea Aiton (velika zlatnica)	SOLGI	Asteraceae (glavočike)	

Jednogodišnje vrste (europski mračnjak, pelinolisni limundžik, bijeli kužnjak, dikica) su u Hrvatskoj vrlo česti korovi poljoprivrednih kultura (segetalci). Višegodišnje vrste (pajasen, amorfa, japanski dvornik, velika zlatnica) najčešće nastanjuju nepoljoprivredne površine (ruderalci). Sve navedene vrste potječu iz porodica s velikim brojem biljnih vrsta

(kultiviranih i korovnih). Također su na preliminarnom popisu invazivnih alohtonih biljnih vrsta u Hrvatskoj koji su predložili Boršić i sur. (2008).

Alelopatski potencijal navedenih invazivnih vrsta utvrđen je reakcijom test-vrsta na njihove alelokemikalije. Kao test-vrste korištene su tri kultivirane biljne vrste iz tri različite biljne porodice:

- *Avena sativa* L. - zob (Poaceae)
- *Brassica napus* subsp. *oleifera* L. - uljana repica (Brassicaceae)
- *Helianthus annuus* L. - suncokret (Asteraceae)

Odabir test-vrsta temeljen je na njihovoj brzoj klijavosti, brzom početnom porastu i pripadnosti biljnim porodicama iz kojeg potječe velik broj kultiviranih i korovnih biljnih vrsta. Zbog istog razloga navedene vrste se često koriste u istraživanjima alelopatije kao test-vrste (Kazinczi i sur., 2004b; Hodisan i sur., 2009.; Sekutowski i sur., 2012.; Pacanoski i sur., 2014).

Način prikupljanja biljnog materijala, priprava i primjena vodenog ekstrakta donor vrsta na test-biljke te metoda utvrđivanja alelopatskog potencijala donor vrsta obavljena je po prilagođenoj metodi Takács i sur. (2004), Kazinczi i sur. (2004b) i Kazinczi i sur. (2013).

Biljni materijal prikupljen je na karakterističnom staništu svake pojedine vrste. Prikupljane su čitave biljke zajedno s korijenom tj. pripadajućom podzemnim vegetativnim dijelom. Biljke su prikupljane prije cvatnje u kasno ljeto (ranu jesen). Segetalne vrste, zbog mogućih ostataka herbicida i utjecaja na rezultate, prikupljane su na nepoljoprivrednim površinama. Za pripremu reprezentativnog uzorka korišteno je 10 jedinki s istog lokaliteta. Datum sakupljanja, lokalitet, tip staništa i gustoća populacije za svaku vrstu navedeni su u tablici 2.

Vodeni ekstrakti pripravljani su od svježe biljne mase potapanjem usitnjenog biljnog materijala u destiliranu vodu u omjeru 250 g biljne mase na 1 litru vode. Biljni materijal usitnjen je u sitne dijelove veličine 0,5-1 cm. Smjesa je ostavljena 24 sata na sobnoj temperaturi, nakon čega je filtrirana na vakuum-filtru. Pripravljenim vodenim ekstraktima (slika 17) vlažen je filtar-papir u Petrijevim zdjelicama u kojima je naklijavano sjeme test-vrsta. Dno petrijevki pokriveno je dvostrukim filtar-papirom (naborani 21/N, Munktel&Filtrak).

U petrijevke promjera 150 mm, visine 25 mm, raspoređeno je 25 sjemenki zobi i suncokreta. Uljana repica je, zbog sitnijeg sjemena, raspoređena u petrijevke promjera 100 mm, visine 20 mm. U svaku od većih petrijevki dodano je 8 ml ekstrakta, a uljanoj

repici je dodano 4 ml po petrijevki. Kontrolne (netretirane) varijante vlažene su istom količinom destilirane vode.

Tablica 2. Podaci o uzorkovanju

Hrvatski naziv biljke donora	**Datum prikupljanja**	**Lokacija**	**Stanište**	**Visina biljaka (cm) i gustoća populacije (broj biljaka/izboja/m^2)**
Europski mračnjak	4.10.2011.	Sesvete (Šašinovec)	uz put pored poljoprivrednog zemljišta	30-50, 5
Pelinolisni limundžik (ambrozija)	10.9.2011.	Zagreb (Sigečica)	zelena površina između zgrada	20-40, 5
Bijeli kužnjak	4.10.2011.	Sesvete (Šašinovec)	uz put pored poljoprivrednog zemljišta	30-50, 3
Dikica	4.10.2011.	Sesvete (Šašinovec)	uz put pored poljoprivrednog zemljišta	30-50, 2
Pajasen	28.9.2011.	Zagreb (pored Veterinarskog fakulteta)	građevinsko zemljište	30-70, 10
Amorfa	23.9.2011.	Slavonski Brod	pored savskog nasipa	30-70, 15
Japanski dvornik	10.9.2011.	Zagreb (Savica)	pored savskog nasipa	20-40, 10
Velika zlatnica	10.9.2011.	Zagreb (Sigečica)	zelena površina između zgrada	40-50 (100), 10

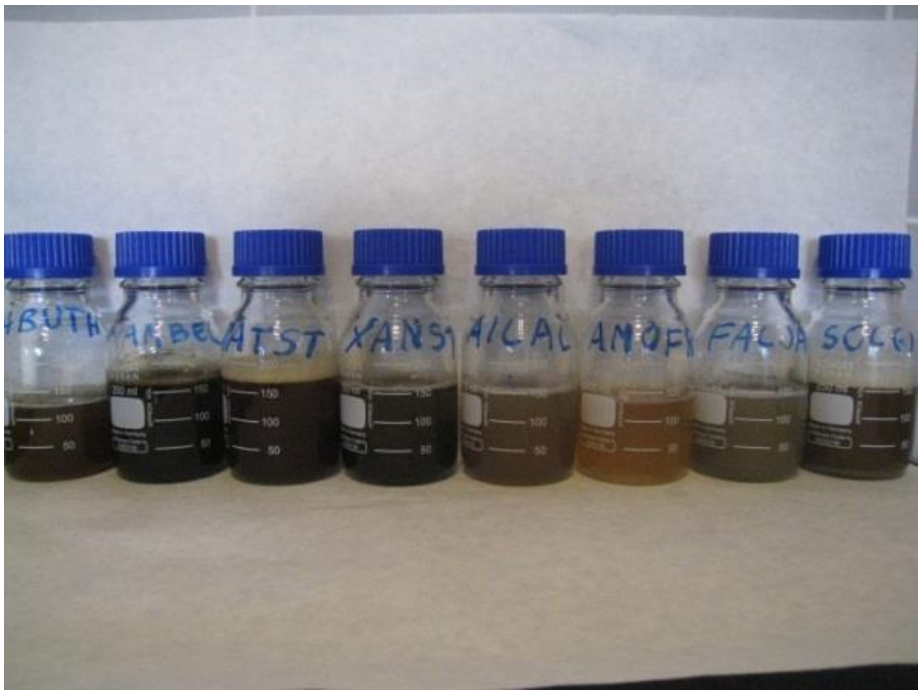
Sjeme je naklijavano u tami, na temperaturi oko 22 ºC. Zbog sprječavanja gubitka vlage, poklopljene petrijevke smještene su u plastične vrećice. Sve varijante istraživanja provedene su u četiri ponavljanja.

Učinak ekstrakata na uljanu repicu utvrđivan je četiri dana nakon primjene ekstrakata, a na zob i suncokret pet dana nakon primjene ekstrakata. Za svaku varijantu istraživanja, na test-vrstama utvrđeni su sljedeći parametri:

- postotak klijavosti

- duljina korjenčića

- duljina klice



Slika 17. Vodeni ekstrakti istraživanih invazivnih alohtonih biljnih vrsta (snimio N. Novak)

3.2 Istraživanje alelopatskog učinka pajasena na uljanu repicu

Sukladno ciljevima prvog dijela istraživanja, izdvojena je donor vrsta pajasen (*Ailanthus altissima*), kao vrsta najjačeg alelopatskog potencijala. Uljana repica (*Brassica napus*) izdvojena je kao najosjetljivija vrsta. Navedene vrste poslužile su kao materijal u drugom dijelu istraživanja.

Cilj drugog dijela istraživanja bio je utvrditi alelopatski potencijal ovisno o smještaju alelokemijkalija u biljci, odnosno dijelu biljke pajasena (korijen, stabljika, list, čitava biljka) i osjetljivost test-vrste ovisno o načinu apsorpcije (sjeme, korijen, list).

Vodeni ekstrakti pajasena priređeni su jednako kao u prvom dijelu istraživanja (slike 18 i 19). Biljni materijal prikupljen je na istoj lokaciji kao u prvom dijelu istraživanja (Zagreb, Heinzelova ulica, napušteno dvorište pored Veterinarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu) i u isto vrijeme (28. rujna) kao u prvom dijelu istraživanja, samo dvije godine kasnije (2013.).

Da bi se utvrdio izvor tj. dio biljke s najvećim sadržajem alelokemikalija, zasebno su napravljeni ekstrakti korijena, stabljike, lista i čitave biljke. Za utvrđivanje alelopatskog učinka ovisno o koncentraciji primijenjenih alelokemikalija, svaki od četiri dobivena ekstrakta iz različitih dijelova biljke razrijeđen je vodom u omjeru 1:2 i 1:4 što ukupno čini 12 različitih ekstrakata (korijen, stabljika, list, čitava biljka x tri koncentracije). Dakle,

postoje po 3 ekstrakta različitih razrjeđenja za svaki dio biljke koji će u tablicama kod prikaza rezultata biti označavani kraticama KONC. (koncentrat), 1:2 (1:2 razrjeđenje) i 1:4 (1:4 razrjeđenje). Dijelovi biljke biti će označeni kraticom tako da npr. „KOR 1:2“ znači 1:2 razrjeđenje koncentrata korijena, a „STAB: 1:4“ znači 1:4 razrjeđenje koncentrata stabljike.

U daljnjem tekstu pojam ekstrakt označavat će početni koncentrat korijena, stabljike, lista, čitave biljke (1:1) i njegova razrjeđenja 1:2 i 1:4 (tablica 3).




Slike 18 i 19. Izvorišni biljni materijal i potapanje usitnjenog biljnog materijala u destiliranu vodu (snimio N. Novak)

Tablica 3. Ekstrakti biljnih dijelova pajasena korišteni u drugom dijelu istraživanja

Izvor alelokemikalija	**Početni koncentrat**	**Razrjeđenje 1:2**	**Razrjeđenje 1:4**
Korijen	250 g „izvora“/ l vode	Početni koncentrat razrijeđen vodom u omjeru 1:2	Početni koncentrat razrijeđen vodom u omjeru 1:4
Stabljika			
List			
Čitava biljka			

Za utvrđivanje alelopatskog učinka ovisno o dijelu biljke i načinu apsorpcije, ekstrakti su aplicirani na test-vrste na tri različita načina:

- Primjena na sjeme
- Primjena na korijen
- Primjena na list

3.2.1 Primjena ekstrakata pajasena na sjeme uljane repice

Ekstrakti pajasena aplicirani su na sjeme uljane repice u Petrijevim zdjelicama prema već opisanom načinu u prvom dijelu istraživanja.

Učinak ekstrakata utvrđen je četiri dana nakon aplikacije mjerenjem istih parametara kao u prvom dijelu istraživanja.

3.2.2 Primjena ekstrakata pajasena na korijen uljane repice

S ciljem postizanja ujednačenosti klijanja i nicanja, sjeme uljane repice sijano je strojno na dubinu 5 mm u kontejnere od stiropora sa 160 otvora (kontejneri za uzgoj presadnica). Dimenzije kontejnera su 522 x 324 x 50 mm. Dimenzija svakog otvora je 21 x 45,5 mm, volumena 23 ml. Za uzgoj biljaka korišten je Brill Typical 4 supstrat srednje fine strukture koji se sastoji od 80% crnog i 20% bijelog treseta. Karakteristike supstrata navedene su u tablici 4.

Tablica 4. Karakteristike supstrata Brill Typical 4

Dušik (N) mg/l	**Fosfor (P_2O_5) mg/l**	**Kalij (K_2O) mg/l**	**NPK gnojiva/m^3**	**Sadržaj soli g/l**	**pH vrijednost ($CaCl_2$)**
170–290	200–330	250–410	1 600 g	1.1-1,6	5,5-6,0

Nakon sjetve, kontejneri su stavljeni u klima-komoru Zavoda za zaštitu bilja. Uvjeti razvoja test-vrsta su 12.5 h dan, 11.5 h noć. Dnevna temperatura iznosila je 20°C, a noćna 12°C. Zračna vlaga iznosila je tijekom dana i tijekom noći oko 80%. Nakon sjetve kontejneri su potopljeni u posudu s vodom tijekom 5 minuta. Naredno zalijevanje je na isti način obavljeno 7 dana kasnije, nešto kraće (3 minute). Biljke su dalje zalijevane prema potrebi potapanjem kontejnera tijekom 20 sekundi do 5,5 minuta. Odnos temperature dan/noć

(12/12 odnosno 12.5/11.5) je tijekom uzgoja imao adekvatno odstupanje od početnog, ovisno o vanjskom izgledu i potrebi uzgajanih biljaka.

Tri dana nakon sjetve većina biljaka je niknula, nakon čega je po otvoru kontejnera ostavljena po jedna biljka uljane repice.

Zadnje zalijevanje vodom obavljeno je 4 dana (96 sati) prije aplikacije ekstrakata. Kontejneri su potopljeni u vodu na 20 sekundi, kako supstrat ne bi bio previše vlažan tijekom aplikcije ekstrakata na korijen. Slijedeće zalijevanje obavljeno je 2 dana (48 sati) nakon primjene ekstrakata. Kontejneri su potopljeni u vodu 1 minutu.

Devetnaesti dan nakon sjetve, u stadiju razvoja razvijena 2 prava lista (BBCH 12) biljke uljane repice su zalijevane ekstraktima u dvije različite doze – 0.5 ml/biljci i 1 ml/biljci (slika 20). U ovom dijelu istraživanja ekstraktima pajasena ukupno je tretirano 480 bijaka (4 izvora x 3 koncentracije x 4 ponavaljanja x 10 biljaka). Pojedinom varijantom pokusa tretirano je ukupno 40 biljaka (10 biljaka u 4 ponavljanja) koliko je brojala i kontrolna varijanta.



Slika 20. Aplikacija ekstrakata zalijevanjem (snimio N. Novak)

Utvrđivanje vrijednosti istraživanih parametara obavljeno je 6, 10 i 16 dana nakon aplikacije. Učinak vodenih ekstrakata pajasena usvojenim putem korijena test-biljaka utvrđivan je sljedećim parametrima:

- visina nadzemnog dijela

- masa nadzemne biljne mase

- vizualna ocjena fitotoksičnosti

Vizualna ocjena fitotoksičnosti tj. oštećenja nadzemne mase test-biljaka obavljeno je po skali od 0 do 100, gdje 0 označava da nije bilo vidljivih reakcija, a 100 označava potpuno propadanje nadzemne mase test-biljaka (EPPO standard PP1/135(4)).

3.2.3 Primjena ekstrakata pajasena na list uljane repice

Da bi se utvrdilo način apsorpcije alelokemikalija, dio uzgojenih test-biljaka tretiran je ekstraktima po listu. Nadzemna masa uljane repice tretirana je 19. dan nakon sjetve i u vrijeme aplikacije ekstrakata biljke su se nalazile u stadiju razvoja razvijena dva prava lista (BBCH 12), odnosno u isto vrijeme kad je obavljena aplikacija u područje korijena test-vrste. Prskane su leđnom tlačnom prskalicom „Solo“ sa sapnicom Lurmark AN 1.0 (narančasta), uz utrošak škropiva 200 l/ha. Broj tretiranih biljaka jednak je kao u prvom dijelu istraživanja (480 + 40 na kontrolnoj netretiranoj varijanti).

Učinak vodenih ekstrakata pajasena na nadzemnu masu test-biljaka utvrđen je sljedećim parametrima:

- visina nadzemnog dijela,
- masa nadzemne biljne mase i
- vizualna ocjena fitotoksičnosti

Vizualna ocjena fitotoksičnosti obavljena je po istoj skali (od 0 do 100), kao i kod ocjene fitotoksičnosti apsorpcije putem korijena.

3.3 Utvrđivanje koncentracije ailantona u biljnim dijelovima pajasena

Kako bi se utvrdila povezanost učinka ekstrakata biljnih dijelova pajasena s koncentracijom ailantona kao literaturno najpotentnije alelokemikalije, svakom od korištenih ekstrakata utvrđena je koncentracija ailantona.

Izolacija analita (ailantona) obavljena je diklormetanom (DCM) u lijevku za odijeljivanje pri čemu je ekstrahiranje ponovljeno četiri puta (Pedersini i sur., 2011). Za uspješnije odvajanja faza korišten je natrijev klorid. Nakon odvajanja organske faze od vodene, uzorak je dodatno pročišćen natrijevim sulfatom u formi anhidrida te u rotauparivaču uparen na 50°C do suhog ostatka. Suhi ostatak je dalje otopljen u 1 ml odgovarajućeg otapala, te stavljen na tekućinski kromatograf uz detektor u vidljivom i ultraljubičastom

dijelu zračenja (HPLC-DAD, Agilent, SAD). Potvrda identiteta i kvantifikacija ailantona iz uzorka određena je linearnom regresijom na temelju kalibracijske krivulje otopina standarda ailantona (čistoća > 98%).

3.4 Statistička obrada podataka

U prvom dijelu istraživanja pokusi su provedeni s osam vodenih ekstrakata invazivnih biljnih vrsta te kontrolnom varijantom u četiri ponavljanja po shemi slučajnog bloknog rasporeda na tri test-vrste. U drugom dijelu istraživanja pokusi su provedeni s dvanaest tretmana biljnih ekstrakta jedne invazivne biljne (pajasen) vrste te kontrolnom varijantom, također u četiri ponavljanja po shemi slučajnog bloknog rasporeda, s obzirom na način apsorpcije.

Podaci su statistički obrađeni analizom varijance koristeći statistički program XLSTAT (2014.1.01). Za usporedbu prosječnih vrijednosti korišten je LSD-test kada je F-test bio signifikantan na razini $P \leq 0,05$.

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Rezultati istraživanja prikazani su zasebno za prvi dio istraživanja u kojem je istraživan alelopatski potencijal osam invazivnih alohtonih vrsta i zasebno za drugi dio istraživanja, u kojem je istraživan alelopatski potencijal vrste s najjačim alelopatskim potencijalom iz prvog dijela istraživanja, ovisno o porijeklu ekstrakta (korijen, stabljika, list i čitava biljka).

4.1 Rezultati istraživanja alelopatskog potencijala invazivnih alohtonih biljnih vrsta

U Rezultatima istraživanja prikazani su učinci svih istraživanih vrsta zasebno za svaku test-vrstu.

4.1.1 Alelopatski učinak donor vrsta na uljanu repicu

Istraživanje alelopatskog djelovanja ekstrakata donor vrsta na uljanu repicu utvrđivano je parametrima klijavosti, duljina korjenčića i duljina klice. U tablici 5. su prikazane vrijednosti utvrđivanih parametara.

Tablica 5. Djelovanje ekstrakata donor vrsta na uljanu repicu

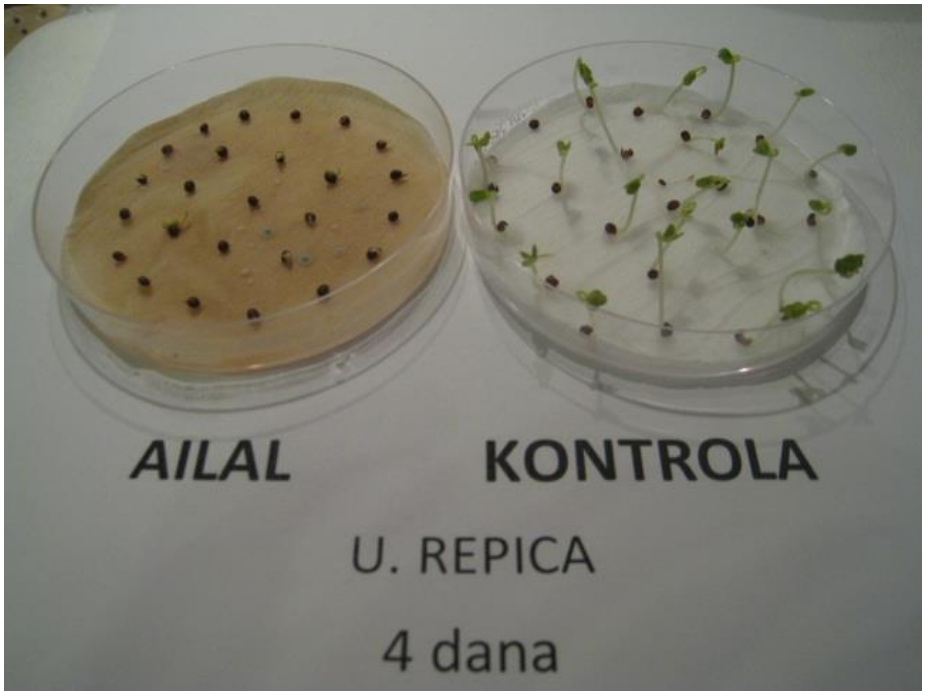
Donor vrsta	Postotak klijavosti	Duljina korjenčića (mm)	Odstupanje korjenčića od kontrole (%)	Duljina klice (mm)	Odstupanje klice od kontrole (%)
ABUTH	92 a	9,71 b	-60,20	4,21 d	-75,86
AMBEL	85 a	6,04 c	-75,25	4,52 d	-74,08
DATST	83 a	2,10 e	-91,39	5,49 d	-68,52
XANST	89 a	8,76 b	-64,10	15,43 b	-11,53
AILAL	**68 b**	1,25 e	**-94,88**	0,19 e	**-98,91**
AMOFR	89 a	5,83 d	-76,11	5,44 d	-68,81
REYJA	86 a	7,48 c	-69,34	7,35 c	-57,86
SOLGI	85 a	6,71 c	-72,50	5,14 d	-70,53
Kontrola	87 a	24,40 a		17,44 a	

Rezultati koji se međusobno značajno razlikuju na razini $p < 0.05$, označeni su različitim slovima.

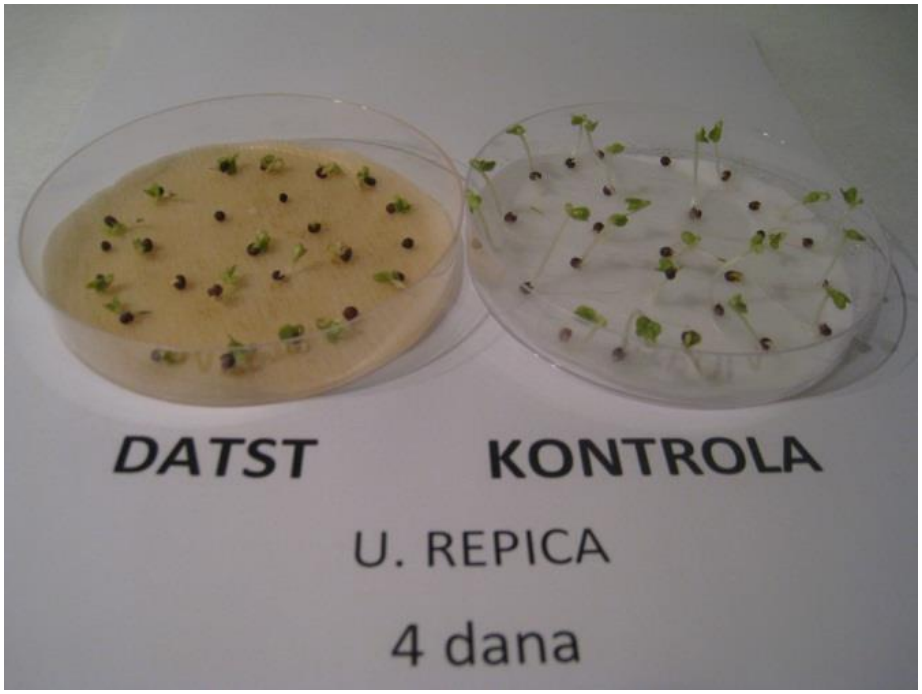
Klijavost uljane repice statističiki je bila značajno manja odnosno inhibirana samo primjenom ekstrakta pajasena (tablica 5, slika 21). Klijavost je bila inhibirana za 21,8%. Primjenom ostalih sedam ekstrakata klijavost je bila slična kao i na kontrolnom tretmanu. Nasuprot tome, duljina korjenčića i duljina klice uljane repiica bila je inhibirana primjenom svih osam ekstrakata. Najveću inhibiciju duljine korjenčića izazvali su ekstrakti pajasena

(94,88%, slika 21) i bijelog kužnjaka (91,39%, slika 22). Po intenzitetu inhibicije razvoja korjenčića slijedi ekstrakt amorfe (76,11%). Ekstrakti japanskog dvornika, velike zlatnice i ambrozije također su značajno utjecali na duljinu korjenčića redukcijama 69,34-75,25%. I ekstrakt europskog mračnjaka također je znatno reducirao duljinu korjenčića uljane repice (>60%)

Sličnim intenzitetom inhibicije istraživani ekstrakti su inhibirali duljinu klice uljane repice. Najjača redukcija duljine klice utvrđna je primjenom ekstraksta pajesena (98,91%) i stastički je opravdano bila najveća u odnosu na primjenu ostalih ekstrakata. Međutim, i ostali ekstrakti značajno su reducirali duljinu klice i to za više od 68% primjenom ekstrakata europskog mračnjaka, ambrozije, bijelog kužnjaka, amorfe i velike zlatnice, više od 58% primjenom ekstrakta japanskog dvornika, odnosno više od 11% primjenom ekstrakta dikice.



Slika 21. Inhibitorno djelovanje ekstrakta pajasena na rani porast klijanaca uljane repice (snimio N. Novak)



Slika 22. Inhibitorno djelovanje ekstrakta bijelog kužnjaka na rani porast klijanaca uljane repice (snimio N. Novak)

4.1.2 Alelopatski učinak donor vrsta na suncokret

U početnom razvoju suncokreta također je izmjeren velik broj statistički značajnih razlika između ekstrakata donor vrsta na rani porast klijanaca (tablica 6).

Tablica 6. Djelovanje ekstrakata donor vrsta na suncokret

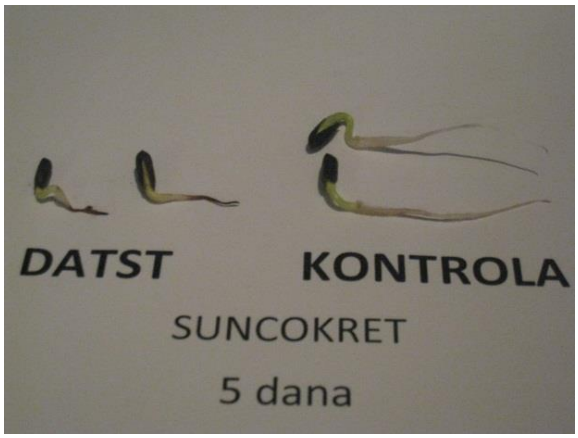
Donor vrsta	Postotak klijavosti	Duljina korjenčića (mm)	Odstupanje korjenčića od kontrole (%)	Duljina klice (mm)	Odstupanje klice od kontrole (%)
ABUTH	98 a	27,12 b	-16,94	4,57 c	-36,87
AMBEL	97 a	19,48 d	-40,34	4,12 c	**-43,09**
DATST	93 a	5,70 f	**-82,54**	4,54 c	-37,29
XANST	92 a	24,18 c	-25,94	5,10 b	-29,56
AILAL	97 a	18,00 d	-44,87	4,25 c	-41,30
AMOFR	94 a	22,91 c	-29,83	4,87 b	-32,73
REYJA	96 a	9,89 e	-69,71	4,83 b	-33,29
SOLGI	98 a	17,40 d	-46,71	5,02 b	-30,66
Kontrola	98 a	32,65 a		7,24 a	

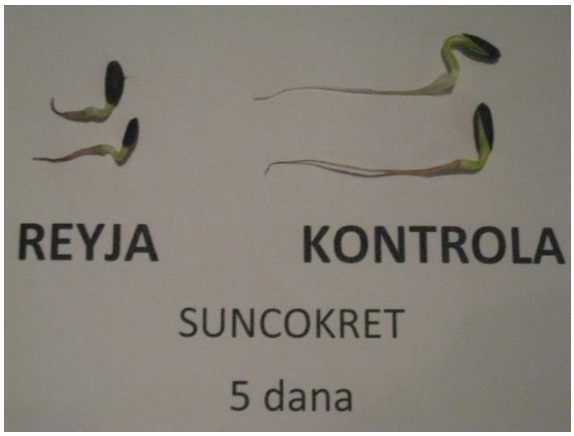
Rezultati koji se međusobno značajno razlikuju na razini $p < 0.05$, označeni su različitim slovima**.**

Klijavost suncokreta nije bila inhibirana primjenom niti jednog primjenjenog ekstrakta. Međutim, sve donor vrste su inhibirale duljinu korjenčića i duljinu klice. Najveću inhibiciju korjenčića suncokreta izazvali su ekstrakti bijelog kužnjaka (82,54% slika 23), a potom

japanskog dvornika (69,71%, slika 24). Po intenzitetu inhibicije razvoja korjenčića slijede ekstrakti velike zlatnice (46,71%), pajasena i ambrozije (>40%). Najmanja inhibicija korjenčića suncokreta izmjerena je na tretmanu ekstraktom europskog mračnjaka i iznosi 16,94%.

Inhibicije duljine klice bile su manje i ujednačenije od inhibicija korjenčića. Najjače inhibicije duljne klice utvrđene su primjenom eskrakata ambrozije, pajasena, bijelog kužnjaka te europskog mračnjaka (37,29-43,09%). Primjena ostalih ekstakata bila je značajno niža u odnosu na ovu prvu skupinu, ali svejedno opravdano veća u odnosu na kontrolni tretman (29,56%-33,29%).





Slike 23 i 24. Inhibitorno djelovanje ekstrakta bijelog kužnjaka i japanskog dvornika na rani porast klijanaca suncokreta (snimio N. Novak)

4.1.3 Alelopatski učinak donor vrsta na zob

U početnom razvoju zobi također je izmjeren velik broj statistički značajnih razlika između ekstrakata donor vrsta na rani porast klijanaca (tablica 7.).

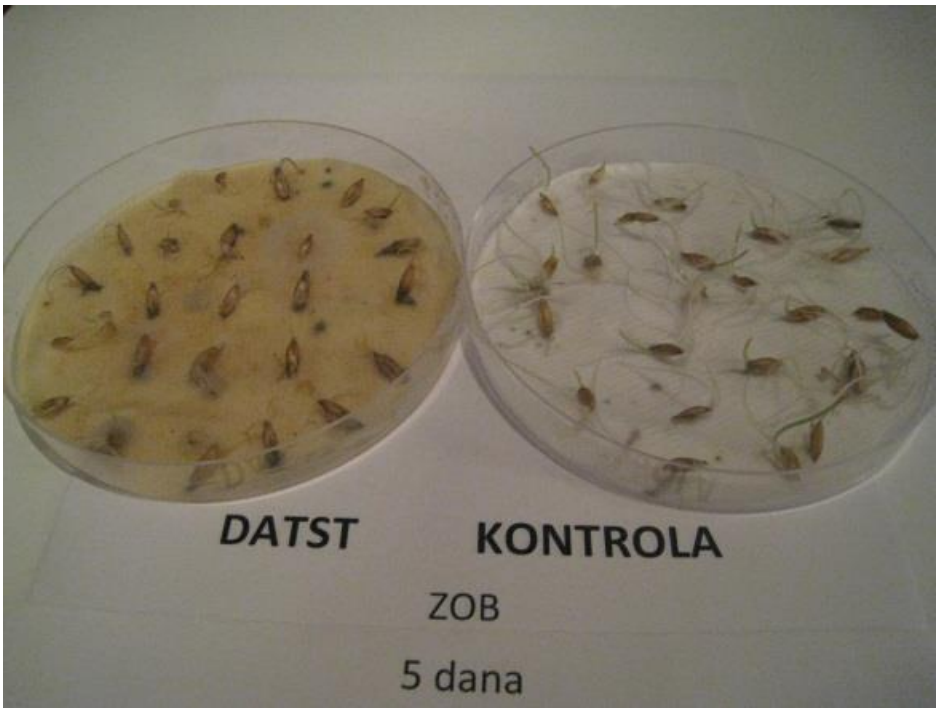
Tablica 7. Djelovanje ekstrakata donor vrsta na zob

Donor vrsta	Postotak klijavosti	Duljina korjenčića (mm)	Odstupanje korjenčića od kontrole (%)	Duljina klice (mm)	Odstupanje klice od kontrole (%)
ABUTH	93 a	30,41 b	-25,70	1,10 d	-88,89
AMBEL	97 a	22,16 d	-45,86	1,31 d	-86,77
DATST	85 a	9,09 g	**-77,79**	2,68 c	-72,93
XANST	97 a	25,75 c	-37,09	4,74 b	-52,12
AILAL	90 a	9,86 fg	-75,91	0,95 d	-90,40
AMOFR	91 a	11,79 f	-71,19	0,63 d	**-93,64**
REYJA	95 a	20,37 d	-50,23	1,81 c	-81,72
SOLGI	90 a	18,83 e	-53,99	0,71 d	-92,83
Kontrola	94 a	40,93 a		9,90 a	

Rezultati koji se međusobno značajno razlikuju na razini $p < 0.05$, označeni su različitim slovima.

Klijavost zobi nije bila inhibirana primjenom niti jednog estrakta istraživanih biljnih vrsta.. Međutim, sve donor vrste su inhibirale duljinu korjenčića i duljinu klice. Najveću inhibiciju izazvali su ekstrakti bijelog kužnjaka (77,79%, slika 25) i pajasena (75,91%). Slijedi ekstrakt amorfe (71,19%, slika 26) pa ekstrakti velike zlatnice (53,99%), japanskog dvornika (50,23%), ambrozije (45,86%) i dikice (37,09%). Najmanja inhibicija korjenčića zobi izmjerena je na tretmanu ekstraktom europskog mračnjaka i iznosi 25,70%.

Inhibicije klice osjetno su veće od inhibicija korjenčića zobi. Najveću inhibiciju izazvali su ekstrakti amorfe, velike zlatnice, pajasena, europskog mračnjaka i ambrozije (86,77%-93,64%). Slijede ekstrakti japanskog dvornika (81,72%) i bijelog kužnjaka (72,93%). Ekstrakt dikice reducirao je duljinu klice zobi za 52,12%.



Slika 25. Inhibitorno djelovanje ekstrakta bijelog kužnjaka na rani porast klijanaca zobi (snimio N. Novak)



Slika 26. Inhibitorno djelovanje ekstrakta amorfe na rani porast klijanaca zobi (snimio N. Novak)

4.1.4 Usporedni prikaz alelopatskog učinka donor vrsta na test-vrste

U usporednom prikazu bit će prikazani rezultati djelovanja ekstrakata invazivnih alohtonih korovnih vrsta na korjenčić i klicu test-vrsta te zbroj učinaka na sve mjerene parametre. Usporedit će se alelopatski potencijal jednogodišnjih segetalnih i višegodišnjih ruderalnih vrsta. Nakon obrade podataka, izdvojit će se donor vrsta najjačeg alelopatskog potencijala i najosjetljivija test-vrsta za drugi dio istraživanja.

4.1.4.1 Utvrđivanje donor vrste najjačeg alelopatskog potencijala

Rezultati alelopatskog djelovanja osam invazivnih alohtonih biljnih vrsta na duljinu korjenčića i duljinu klice test-vrsta prikazani su u tablici 8. Postotak klijavosti nije uključen u usporedni prikaz učinka jer je izmjeren samo jedan statistički značajan učinak (ekstrakt pajasena smanjio je 21,8% klijavost uljane repice).

Tablica 8. Zbroj djelovanja donor vrsta na duljinu korjenčića i duljinu klice test-vrsta

Donor vrsta	Test-vrsta	Odstupanje korjenčića od kontrole (%)	Ukupno odstupanje korjenčića od kontrole (%)	Odstupanje klice od kontrole (%)	Ukupno odstupanje klice od kontrole (%)
ABUTH	u. repica	-60,20	-102,84	-75,86	-201,62
	suncokret	-16,94		-36,87	
	zob	-25,70		-88,89	
AMBEL	u. repica	-75,25	-161,45	-74,08	-203,94
	suncokret	-40,34		-43,09	
	zob	-45,86		-86,77	
DATST	u. repica	-91,39	**-251,72**	-68,52	-178,74
	suncokret	-82,54		-37,29	
	zob	-77,79		-72,93	
XANST	u. repica	-64,10	-127,13	-11,53	-93,21
	suncokret	-25,94		-29,56	
	zob	-37,09		-52,12	
AILAL	u. repica	**-94,88**	-215,66	**-98,91**	**-230,61**
	suncokret	-44,87		-41,30	
	zob	-75,91		-90,40	
AMOFR	u. repica	-76,11	-177,13	-68,81	-195,18
	suncokret	-29,83		-32,73	
	zob	-71,19		-93,64	
REYJA	u. repica	-69,34	-189,28	-57,86	-172,87
	suncokret	-69,71		-33,29	
	zob	-50,23		-81,72	
SOLGI	u. repica	-72,50	-173,20	-70,53	-194,02
	suncokret	-46,71		-30,66	
	zob	-53,99		-92,83	

Iz tablice 8 je vidljivo da je najveća ukupna inhibicija korjenčića test-biljaka izmjerena na tretmanima ekstraktima bijelog kužnjaka i iznosi 251,72%. Pajasenu je izmjerena najveća pojedinačna inhibicija korjenčića (94,88%, test-biljka uljana repica), najveća pojedinačna inhibicija klice (98,91%, test-biljka uljana repica) i najveća ukupna inhibicija klica test-biljaka (230,61%). Iz tablice 9 je vidljivo da je pajasenu izmjerena najveća inhibicija korjenčića i klice jedne vrste (193,79%, test-biljka uljana repica) i najveća ukupna inhibicija korjenčića i klica test-biljaka (446,27%). Osim toga, jedina statistički značajna inhibicija postotka klijavosti izmjerena je na tretmanu ekstraktom pajasena (21,8%, test-vrsta uljana repica). Iz navedenog proizlazi da je **pajasen vrsta najjačeg alelopatskog potencijala**.

Tablica 9. Ukupno djelovanje ekstrakata donor vrsta na duljinu korjenčića i klice test-vrsta

Donor vrsta	Test-vrsta	Odstupanje korjenčića i klice od kontrole (%)	Ukupno odstupanje korjenčića i klice od kontrole (%)
ABUTH	u. repica	-136,06	-304,46
	suncokret	-53,81	
	zob	-114,59	
AMBEL	u. repica	-149,33	-365,39
	suncokret	-83,43	
	zob	-132,63	
DATST	u. repica	-159,91	-430,46
	suncokret	-119,83	
	zob	-150,72	
XANST	u. repica	-75,63	-220,34
	suncokret	-55,50	
	zob	-89,21	
AILAL	u. repica	**-193,79**	**-446,27**
	suncokret	-86,17	
	zob	-166,31	
AMOFR	u. repica	-144,92	-372,31
	suncokret	-62,56	
	zob	-164,83	
REYJA	u. repica	-127,20	-362,15
	suncokret	-103,00	
	zob	-131,94	
SOLGI	u. repica	-143,03	-367,22
	suncokret	-77,37	
	zob	-146,82	

4.1.4.2 Usporedba djelovanja jednogodišnjih segetalnih i višegodišnjih ruderalnih donor vrsta

Iz tablice 9 je vidljivo da od prva četiri mjesta, prema ukupnom djelovanju na korjenčić i klicu test-vrsta, tri pripadaju višegodišnjim ruderalnim vrstama (pajasen, amorfa, velika zlatnica). Sve četiri višegodišnje ruderalne vrste uključene u istraživanje su u prvih šest mjesta (japanski dvornik je na šestom mjestu), dok se jednogodišnji korovi nalaze na drugom (bijeli kužnjak), petom (ambrozija) i zadnja dva mjesta (europski mračnjak i dikica). Iz tablice 10 je vidljivo da je zbroj djelovanja ekstrakata višegodišnjih donor vrsta na duljinu korjenčića i klice test-vrsta veći od zbroja jednogodišnjih vrsta za svaku test-vrstu što je rezultiralo i većim ukupnim djelovanjem.

Iz navedenog je vidljivo **snažnije djelovanje tj. veći alelopatski potencijal višegodišnjih ruderalnih od jednogodišnjih segetalnih invazivnih alohtonih vrsta uključenih u istraživanje.**

Tablica 10. Zbroj djelovanja ekstrakata jednogodišnjih i višegodišnjih donor vrsta na duljinu korjenčića i klice test-vrsta

Test-vrsta	Jednogodišnje segetalne vrste (%)	Višegodišnje ruderalne vrste (%)
U. repica	-520,93	-608,94
Suncokret	-312,57	-329,10
Zob	-487,15	-609,90
Ukupno	1320,65	**1547,95**

4.1.4.3 Utvrđivanje najosjetljivije test-vrste

Test-vrste pokazale su različit stupanj osjetljivosti na ekstrakte donor vrsta. Prema osjetljivosti korjenčića, najosjetljivija test-vrsta je uljana repica s ukupnom izmjerenom inhibicijom 603,77% (tablica 11). Slijede zob s 437,76% i suncokret s 356,88%. Prema osjetljivosti klice, najosjetljivija test-vrsta je zob s ukupnom izmjerenom inhibicijom 659,30%. Slijede uljana repica s 526,10% i suncokret s 284,79%. Prema količini ukupnog inhibitornog djelovanja (korjenčić+klica) najosjetljivija test-vrsta je uljana repica s ukupnom izmjerenom inhibicijom 1129,87%. Slijede zob s 1097,06% i suncokret s 641,67%.

Tablica 11. Zbroj djelovanja ekstrakata svih donor vrsta na duljinu korjenčića i klice test-vrsta

Test-vrsta	Korjenčić (%)	Klica (%)	Ukupno (%)
U. repica	**-603,77**	-526,10	**-1129,87**
Suncokret	-356,88	-284,79	-641,67
Zob	-437,76	**-659,30**	-1097,06

Osim toga, uljanoj repici izmjerena je jedina statistički značajna inhibicija postotka klijavosti na tretmanu ekstraktom pajasena (21,8%). Na istom tretmanu uljanoj repici izmjerena je najveća inhibicija korjenčića koja je iznosila 94,88% (tablica 8), najveća inhibicija klice (98,91%, tablica 8) i najveća inhibicija korjenčića i klice na tretmanu jednom donor vrstom (193,79%, tablica 9). Iz navedenog se nameće zaključak da je **uljana repica najosjetljivija test-vrsta u istraživanju**.

Slijedom navedenog, u daljnja istraživanja uključeni su pajasen kao vrsta najjačeg alelopatskog potencijala s najvećom izmjerenom pojedinačnom i ukupnom inhibicijom te uljana repica kao najosjetljivija test-vrsta na alelokemikalije pajasena, ali i ukupno na alelokemikalije istraživanih biljnih vrsta.

4.2 Rezultati istraživanja alelopatskog potencijala dijelova pajasena prema načinu apsorpcije

4.2.1 Primjena ekstrakata pajasena na sjeme uljane repice

4.2.1.1 Alelopatski potencijal ekstrakata korijena pajasena

U istraživanju ekstrakata korijena pajasena primjenom na sjeme uljane repice, utvrđen je statistički značajan učinak sva tri ekstrakta (tablica 12., slika 27) na duljinu korjenčića i duljinu klice uljane repice. Najveće inhibicije izmjerene su na tretmanu koncentratom koji je najviše inhibirao i klijavost uljane repice.

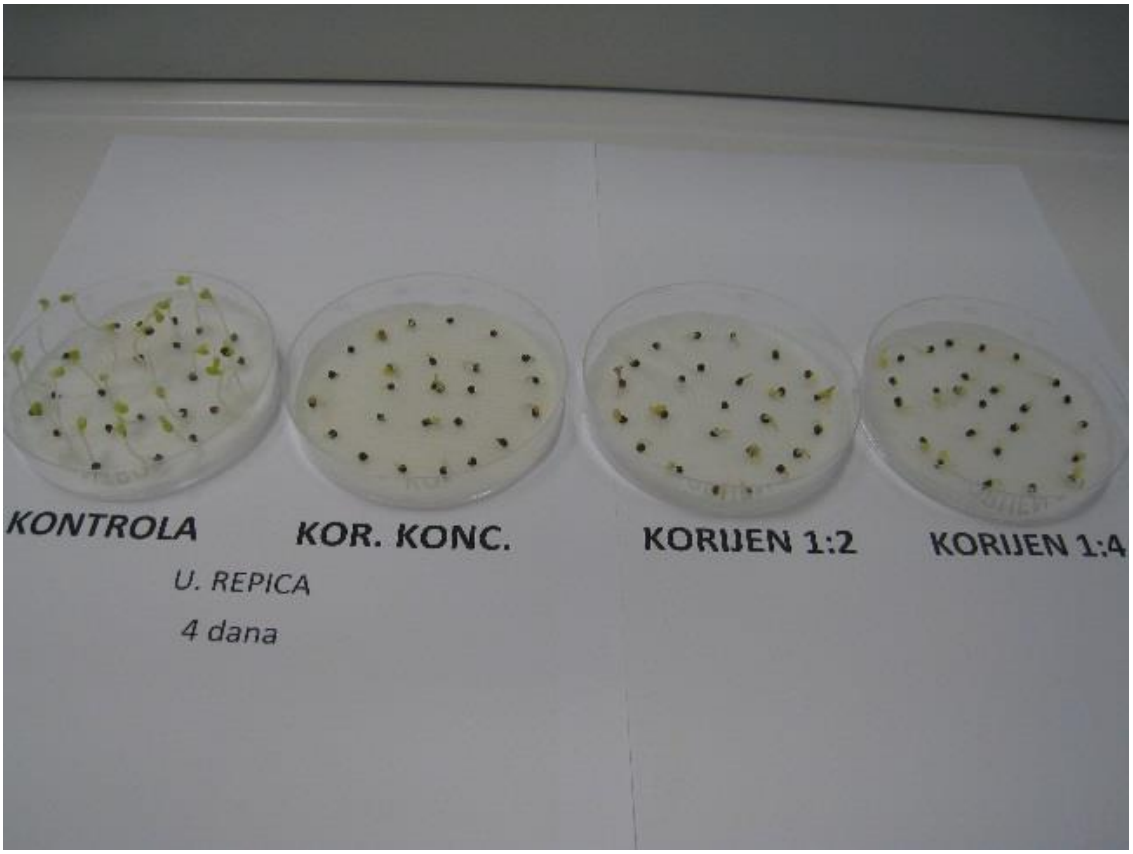
Tablica 12. Djelovanja ekstrakata korijena pajasena na postotak klijavosti, duljinu korjenčića i klice test-vrsta

Ekstrakti korijena	Postotak klijavosti	Odstupanje postotka klijavosti od kontrole (%)	Duljina korjenčića (mm)	Odstupanje korjenčića od kontrole (%)	Duljina klice (mm)	Odstupanje klice od kontrole (%)
KONC.	56 c	-37,78	3,140 c	**-88,46**	1,270 b	**-94,52**
1:2	91 a	+1,11	4,870 bc	-82,10	2,600 b	-88,78
1:4	79 b	-12,22	5,570 b	-79,53	2,360 b	-89,82
Kontrola	90 a	-	27,210 a	-	23,180 a	-

Rezultati koji se međusobno značajno razlikuju na razini $p < 0.05$, označeni su različitim slovima**.**

Sva tri ekstrakta značajno su smanjili duljinu korjenčića i duljinu klice test-biljaka. Koncentrat korijena značajno je jače ihibirao duljinu korjenčića u odnosu na 1:4 razrjeđenje, iako je i primjenom 1:4 razrjeđenja korjenčić značajno ihibiran u odnosu na kontrolni tretman. Inhibicije korjenčića uljane repice vrlo su visoke i iznose od 79,53% (1:4 razrjeđenje) do 88,46% (koncentrat). Inhibicije klice još su izraženije i iznose od 88,78% na tretmanu 1:2 razrjeđenjem do 94,52% na tretmanu koncentratom korijena (slike 28 i 29). Tri primjenjena ekstrakta nisu imali značajnu razliku u jačini inhibicije klice. Kod postotka klijavosti na tretmanu koncentratom korijena pajasena utvrđena je najjača inhibicija klijavosti (37,78%), iako je primjenom 1:4 razrjeđenja klijavost također bila inhibirana (12,22%).

Na svim tretmanima klijanci su žuto-smeđe boje, deformirani i klorotični. Ne uzdižu se i ne rastu. Na nekim klijancima kotiledoni kao da su zalijepljeni za sjeme. Rubovi kotiledona su smeđi, ne dižu se i ne rastu, a vrh korijena je tamno smeđe do crne boje (slike 27-29).



Slika 27. Inhibitorno djelovanje ekstrakata korijena pajasena na rani porast klijanaca uljane repice (snimio N. Novak)





Slike 28 i 29. Inhibitorno djelovanje koncentrata korijena pajasena na rani porast klijanaca uljane repice (snimio N. Novak)

4.2.1.2 Alelopatski potencijal ekstrakata stabljike pajasena

I u istraživanju ekstrakata stabljike pajasena primjenom na sjeme, sva 3 ekstrakta (koncentrat i oba razrjeđenja) značajno su inhibirala duljinu korjenčića i duljinu klice uljane repice (tablica 13, slika 30). Najveće inhibicije izmjerene su na tretmanu koncentratom (slike 31 i 32).

Tablica 13. Djelovanja ekstrakata stabljike pajasena na postotak klijavosti, duljinu korjenčića i klice test-vrsta

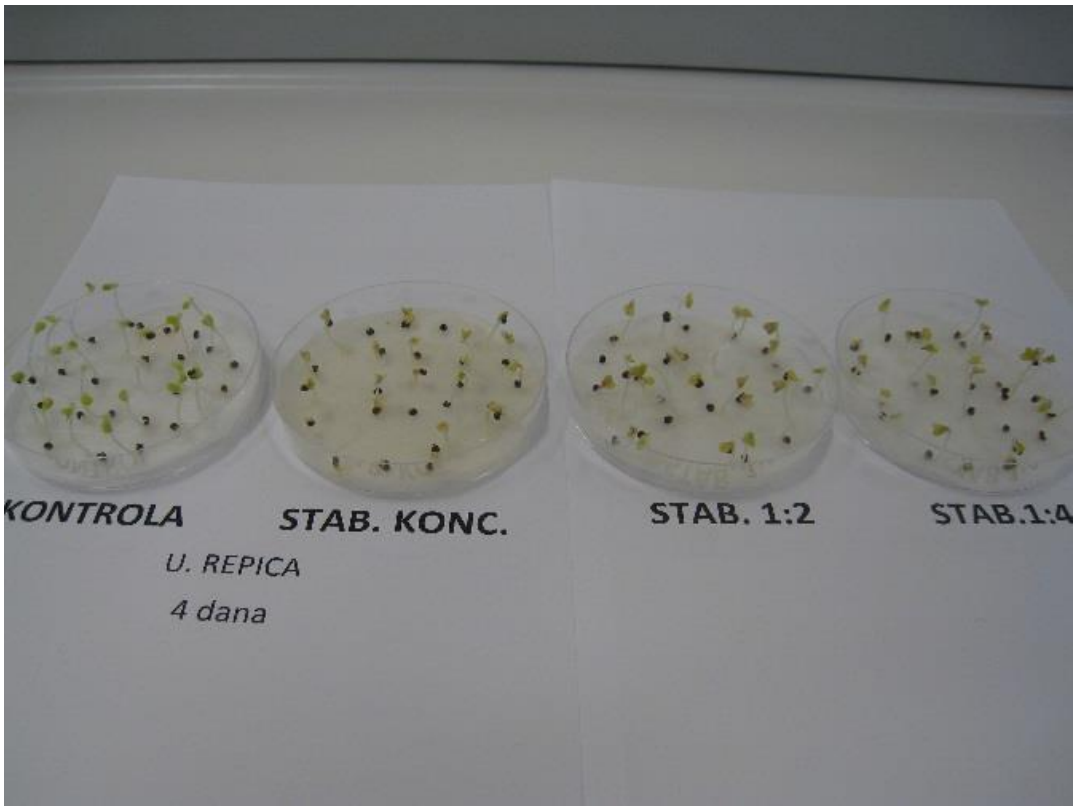
Ekstrakti stabljike	Postotak klijavosti	Odstupanje postotka klijavosti od kontrole (%)	Duljina korjenčića (mm)	Odstupanje korjenčića od kontrole (%)	Duljina klice (mm)	Odstupanje klice od kontrole (%)
KONC.	90 a	0	11,950 d	-56,08	9,430 c	-59,32
1:2	92 a	+2,22	22,910 b	-15,80	16,000 b	-30,97
1:4	90 a	0	19,490 c	-28,37	15,760 b	-32,01
Kontrola	90 a	-	27,210 a	-	23,180 a	-

Rezultati koji se međusobno značajno razlikuju na razini $p < 0.05$, označeni su različitim slovima.

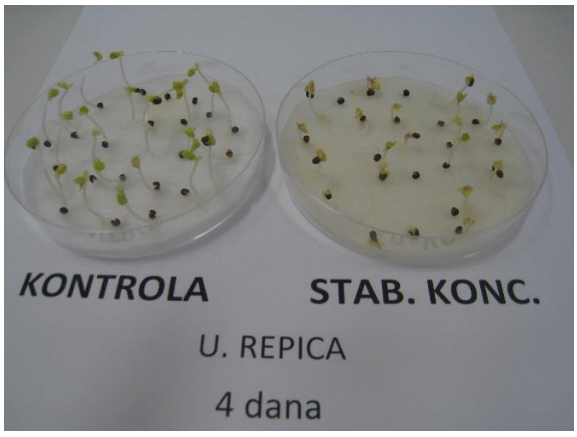
Koncentrat stabljike smanjio je duljinu korjenčića 56,08%, a duljinu klice 59,32% što su najveće izmjerene inhibicije ekstrakata stabljike na uljanu repicu i statistički opravdano veće u odnosu na ostale ekstrakte. Primjenom 1:4 razrjeđenja jače je inhibirana duljina korjenčića u odnosu na 1:2 razrjeđenje dok nije bilo statistički opravdane razlike primjenom ova dva razrjeđenja kod inhibicije duljine klice (30,97% i 32,01%).

Nije utvrđen statistički značajan utjecaj ektsrakta stabljike pajasena na postotak klijavosti uljane repice.

Na svim tretmanima klijanci su klorotični (slike 30-32), a kod 5-10% klijanaca vidljivi su smeđi rubovi kotiledona. Klijanci na tretmanima ekstraktima su tanji u odnosu na klijance na kontrolnoj varijanti. Simptomi su kod 1:4 razrjeđenja malo manje izraženi u odnosu na koncentrat i 1:2 razrjeđenje. Na tretmanu koncentratom su se iz jedne sjemenke razvili samo žuti kotiledoni sa smeđim rubovima (slika 32).



Slika 30. Inhibitorno djelovanje ekstrakata stabljike pajasena na rani porast klijanaca uljane repice (snimio N. Novak)





Slike 31 i 32. Inhibitorno djelovanje koncentrata stabljike pajasena na rani porast klijanaca uljane repice (snimio N. Novak)

4.2.1.3 Alelopatski potencijal ekstrakata lista pajasena

Kao i u istraživanju ekstrakata korijena i stabljike, i u istraživanju ekstrakta lista pajasena primjenom na sjeme, sva 3 ekstrakta (koncentrat i oba razrjeđenja) značajno su inhibirala duljinu korjenčića i duljinu klice uljane repice (tablica 14, slika 33). Nije utvrđena promjena u klijavosti sjemena primjenom sva tri ekstrakta.

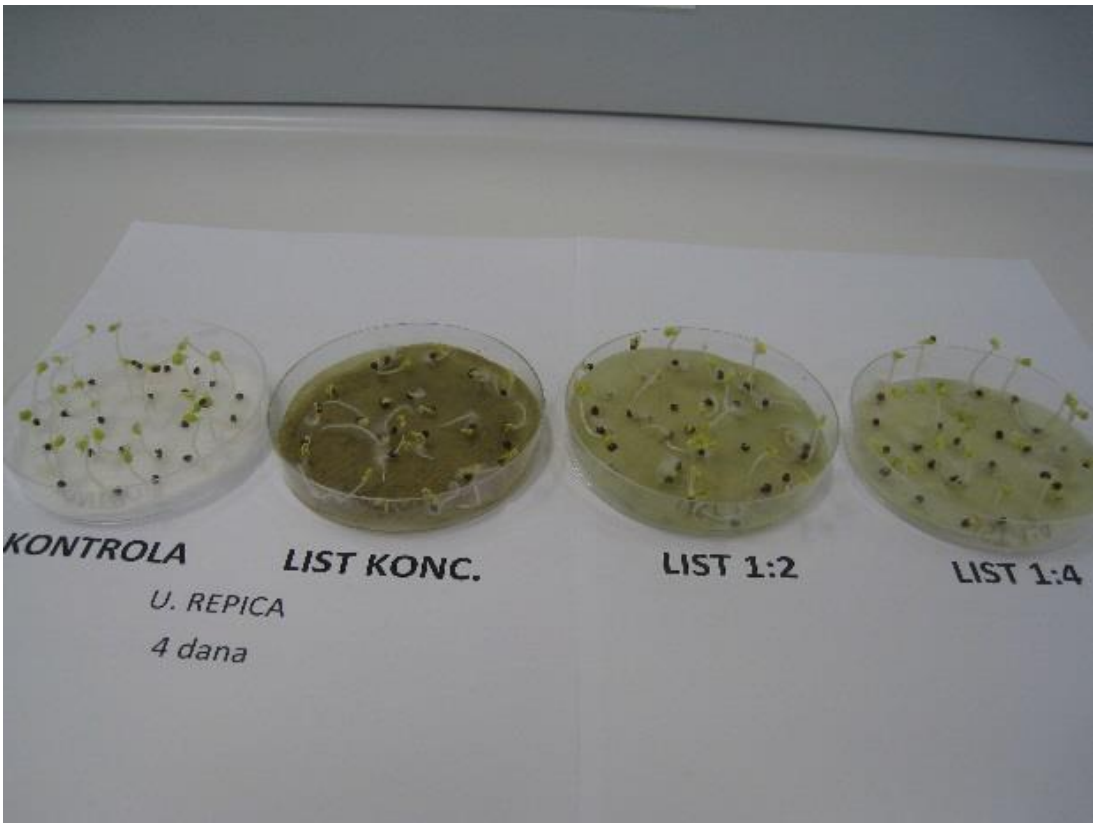
Tablica 14. Djelovanja ekstrakata lista pajasena na postotak klijavosti, duljinu korjenčića i klice test-vrsta

Ekstrakti lista	Postotak klijavosti	Odstupanje postotka klijavosti od kontrole (%)	Duljina korjenčića (mm)	Odstupanje korjenčića od kontrole (%)	Duljina klice (mm)	Odstupanje klice od kontrole (%)
KONC.	95 a	+5,55	12,770 b	-53,07	7,920 d	-65,83
1:2	90 a	0	15,500 b	-43,04	15,290 c	-34,04
1:4	93 a	+3,33	13,630 b	-49,91	18,130 b	-21,79
Kontrola	90 a	-	27,210 a	-	23,180 a	-

Rezultati koji se međusobno značajno razlikuju na razini $p < 0.05$, označeni su različitim slovima**.**

Duljina korjenčića uljane repica inhbirana je za više od 43% kod primjene sva tri eksratakata, a razlika između primjenjenih ekstrakata nije bila statistički opravdana. Nasuprot tome, duljina klice se značajno povećala smanjenjem koncentracije ekstrakata, odnosno najjača inhibircija utvrđena je na koncentratu (65,83%, slike 34 i 35), potom 1:2 razrjeđenju (34,04) te 1:4 razrjeđenju (21,79%).

Na tretmanima ekstraktima klijanci su klorotični i tanji u odnosu na klijance kontrolne varijante (slike 40-42). Na tretmanu koncentratom klijanci su dehidrirani, a klica na 20% klijanaca ne raste uspravno nego je polegnuta na filtar-papir. Na tretmanima 1:2 i 1:4 razrjeđenjima klijanci su se uspjeli uspraviti.



Slika 33. Inhibitorno djelovanje ekstrakata lista pajasena na rani porast klijanaca uljane repice (snimio N. Novak)





Slike 34 i 35. Inhibitorno djelovanje koncentrata lista pajasena na rani porast klijanaca uljane repice (snimio N. Novak)

4.2.1.4 Alelopatski potencijal ekstrakata čitave biljke pajasena

Jednako kao u prethodnim istraživanjima, i u istraživanju ekstrakata čitave biljke pajasena primjenom na sjeme, sva 3 ekstrakta (koncentrat i oba razrjeđenja) značajno su inhibirala duljinu korjenčića i duljinu klice uljane repice (tablica 15, slika 36). Najveće inhibicije izmjerene su na tretmanu koncentratom (slike 36-38) i one su bile i statistički opravdano veće u odnosu na razrjeđenja.

Također je primjenom koncentrata ukupna klijavost uljane repica bila smanjena za 41,11% dok primjena razrjeđenja nije imala utjecaj na klijavost uljane repice.

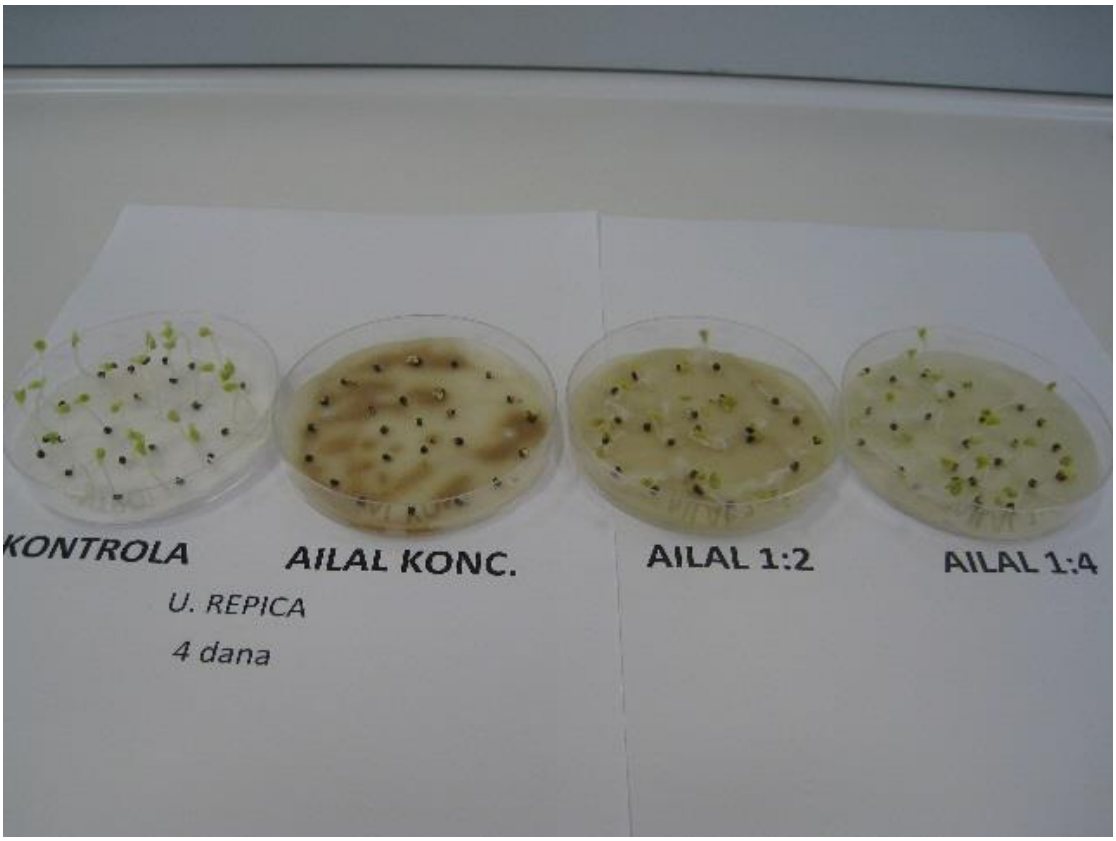
Tablica 15. Djelovanja ekstrakata čitave biljke pajasena na postotak klijavosti, duljinu korjenčića i klice test-vrsta

Ekstrakti čitave biljke	Postotak klijavosti	Odstupanje postotka klijavosti od kontrole (%)	Duljina korjenčića (mm)	Odstupanje korjenčića od kontrole (%)	Duljina klice (mm)	Odstupanje klice od kontrole (%)
KONC.	53 b	-41,11	2,440 d	-91,03	0,530 d	-97,71
1:2	89 a	-1,11	8,880 c	-67,36	11,280 c	-51,34
1:4	90 a	0	15,960 b	-41,35	15,720 b	-32,18
Kontrola	90 a	-	27,210 a	-	23,180 a	-

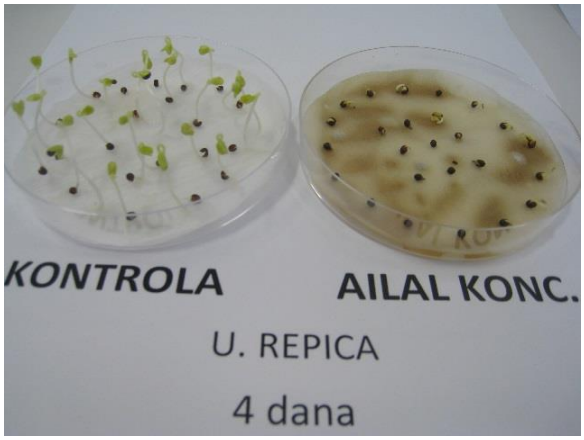
Rezultati koji se međusobno značajno razlikuju na razini $p < 0.05$, označeni su različitim slovima.

Duljina korjenčića i duljina klice uljane repice značajno se povećala s povećanjem razrjeđenja, odnosno inhibicija korjenčića statistički je značajno padala od 91,03% na tretmanu koncentratom do 41,35% na tretmanu 1:4 razrjeđenjem. Duljina klice padala je od 97,71% na tretmanu koncentratom do 32,18% na tretmanu 1:4 razrjeđenjem.

Na svim tretmanima klijanci su klorotični. Na tretmanu koncentratom, osim vidljivih kloroza i zastoja u rastu, klijanci su deformirani, uvijeni, a na nekima kotiledoni kao da su zalijepljeni za sjeme. Rubovi kotiledona su smeđi, ne dižu se i ne rastu, a vrh korijena je tamno smeđe do crne boje. Na tretmanu 1:2 razrjeđenjem rubovi kotiledona su smeđi na 10% klijanaca, a 20% je deformiranih, uvijenih i krutih. Na tretmanu 1: 4 razrjeđenjem, nisu vidljivi drugi simptomi osim izražene kloroze.



Slika 36. Inhibitorno djelovanje ekstrakata čitave biljke pajasena na rani porast klijanaca uljane repice (snimio N. Novak)





Slike 37 i 38. Inhibitorno djelovanje koncentrata čitave biljke pajasena na rani porast klijanaca uljane repice (snimio N. Novak)

4.2.1.5 Usporedba djelovanja ekstrakata pajasena primjenom na sjeme uljane repice

Rezultati djelovanja ekstrakata pajasena primjenom na sjeme uljane repice i odstupanja mjerenih parametara prikazani su u tablici 16. Koncentrat korijena, koncentrat čitave biljke i 1:4 razrjeđenje korijena smanjili su postotak klijavosti uljane repice za 37,78%, 41,11% i 12,22%. To su jedine statistički značajne razlike izmjerene u postotku klijavosti test-biljaka. Ekstrakti stabljike i ekstrakti lista nisu imali statistički značajnog utjecaja na postotak klijavosti test-biljaka pa prosječno odstupanje po tretmanu iznosi malih -6,67%.

Tablica 16. Odstupanje postotka klijavosti, duljine korjenčića i klice test-biljaka primjenom ekstrakata pajesena na sjeme uljane repice

Ekstrakt	Odstupanje postotka klijavosti od kontrole (%)	Odstupanje korjenčića od kontrole (%)	Odstupanje klice od kontrole (%)
KOR. KONC.	-37,78	-88,46	-94,52
KOR. 1:2	+1,11	-82,10	-88,78
KOR. 1:4	-12,22	-79,53	-89,82
Prosječno odstupanje KORIJEN	**-16,30**	**-83,36**	**-91,04**
STAB. KONC.	0	-56,08	-59,32
STAB. 1:2	+2,22	-15,80	-30,97
STAB. 1:4	0	-28,37	-32,01
Prosječno odstupanje STABLJIKA	**+0,74**	**-33,42**	**-40,77**
LIST KONC.	+5,55	-53,07	-65,83
LIST 1:2	0	-43,04	-34,04
LIST 1:4	+3,33	-49,91	-21,79
Prosječno odstupanje LIST	**+2,96**	**-48,67**	**-40,55**
AILAL KONC.	-41,11	-91,03	-97,71
AILAL 1:2	0	-67,36	-51,34
AILAL 1:4	-1,11	-41,35	-32,18
Prosječno odstupanje ČITAVA BILJKA	**-14,07**	**-66,58**	**-60,41**
Prosječno odstupanje UKUPNO	**-6,67**	**-58,01**	**-58,19**

Za razliku od postotka klijavosti, duljina korjenčića značajno je inhibirana na svim tretmanima. Koncentrat čitave biljke pajasena inhibirao je duljinu korjenčića uljane repice 91,03% što je najveća inhibicija u istraživanju. Slijede ekstrakti korijena, koncentrat i oba razrjeđenja s inhibicijama koje iznose 88,46%, 82,10% i 79,53%. Razrjeđenje 1:2 čitave biljke je na 5. mjestu nakon čega su koncentrati stabljike i lista s 56,08% i 53,07%. Ostalim razrjeđenjima izmjereno je manje od 50% inhibicije.

Jednako kao duljina korjenčića, i duljina klice značajno je inhibirana na svim tretmanima. Poredak prva četiri mjesta je gotovo jednak. Koncentrat čitave biljke pajasena inhibirao je duljinu klice uljane repice 97,71% što je najveća inhibicija u istraživanju. Slijede ekstrakti korijena, koncentrat i oba razrjeđenja s vrlo visokim inhibicijama koje iznose 94,52%, 89,82% i 88,78%. Nakon ekstrakata korijena slijede koncentrati lista i stabljike pajasena s 65,83% i 59,32% pa 1:2 razrjeđenje čitave biljke. Ostalim razrjeđenjima izmjereno je manje od 50% inhibicije.

Prosječno odstupanje mjerenih parametara po tretmanu iznosi kako slijedi: -6,67% za postotak klijavosti te -58,01% za duljinu korjenčića i -58,19% za duljinu klice. Unatoč snažnom djelovanju koncentrata, zbog slabijeg djelovanja razrjeđenja, ekstrakti čitave biljke pajasena izazvali su gotovo prosječne inhibicije duljine korjenčića i duljine klice uljane repice. Ekstrakti stabljike i ekstrakti lista izazvali su podjednake i ispodprosječne inhibicije dok su ekstrakti korijena pajasena izazvali najveće inhibicije puno veće od prosjeka i iznose 16,30% za postotak klijavosti, 83,36% za duljinu korjenčića i 91,04% za duljinu klice.

4.2.2 Primjena ekstrakata pajasena na list uljane repice

4.2.2.1 Alelopatski potencijal ekstrakata korijena pajasena

U istraživanju utjecaja ekstrakata korijena pajasena na mlade biljke uljane repice primjenom ekstrakata na list, prvi simptomi fitotoksičnosti bili su vidljivi već 56-72 sata nakon primjene na svim tretmanima. Kod prve vizualne ocjene 6 dana nakon primjene utvrđena je najveća redukcija visine u odnosu na kontrolnu varijantu. Kod najvećeg razrjeđenja koncentrata (1:4), redukcija visine iznosila je 30%, a kod koncentrata i 1:2 razrjeđenja koncentrata 20% (slika 39). Oštećenje nadzemne mase tj. fitotoksični učinci ocijenjeni su ocjenama 30 za 1:4 razrjeđenje koncentrata korijena te 20 za koncentrat i 1:2 razrjeđenje koncentrata. Simptomi fitotoksičnosti na tretmanima su bile više ili manje izražene kloroze i/ili crvenila na više od pola listova, na nekim listovima vidljivo i malo izbjeljivanja (bleachinga). Listovi izrasli nakon tretiranja nisu imali simptoma fitotoksičnosti.

Kod druge vizualne ocjene 10 dana nakon primjene, razlika u visini biljaka smanjena je za 5% na svim tretmanima i na kontrolnoj varijanti, izuzetak je tretman koncentratom korijena na kojem je ostala ista. Simptomi fitotoksičnosti su malo izraženiji pa je vizualna ocjena na svim tretmanima povećana za 5.



Slika 39. Inhibitorno djelovanje 1:4 razrjeđenja korijena pajasena na visinu uljane repice 6 dana nakon primjene (snimio N. Novak)



Slika 40. Inhibitorno djelovanje 1:4 razrjeđenja korijena pajasena na visinu uljane repice 10 dana nakon primjene (snimio N. Novak)

Kod konačne ocjene 16 dana nakon primjene, pored vidljivog zastoja u rastu, na svim tretmanima bile su vidljive više ili manje izražene kloroze i/ili crvenila listova od kojih su neke vodile prema nekrozama (prvi, tretirani listovi). Na nekim listovima bile su vidljive ljubičaste pjege. Stabljike tretiranih biljaka su na opip bile krute i tvrde, a rubovi listova suhi i na nekim zelenim listovima, a na nekim kruti i bodu. 50% stabljika tretiranih biljaka bilo je ljubičaste boje. Kod svih ocjena simptomi fitotoksičnosti bili su vidljivi samo na tretiranim listovima.

Visina biljaka uljane repice značajno je smanjena primjeonm sva tri ekstrakta korijena te se ona kretala od 10,98% do 17,94% (tablica 17). Primjenom 1:4 razrjeđenju koncentrata korijena najjače je inibirana nadzemna masa uljane repice i iznosi 34,23% (slika 41). Smanjenje nadzemne visine na istom tretmanu iznosi 17,94%. Biljke su bile u stadiju razvoja 3 lista (BBCH 13), a na svim ostalim tretmanima, uključujući kontrolu, su u stadiju razvoja 3-4 lista (BBCH 13-14). Primjenom ostalih ekstrakata visina i masa uljane repice bila je statistički opravdano niža nego na kontrolnom tretmanu. Koncentrat je smanjio visinu nadzemnog dijela za 16,13%, a masu za 23,36% (slika 42) dok je 1:2 razrjeđenje smanjilo visinu nadzemnog dijela za 10,98%, a masu za 16,67%.

Tablica 17. Djelovanje ekstrakata korijena pajasena na visinu i masu nadzemnog dijela test-biljaka primjenom na list uljane repice

Ekstrakt	Visina nadzemnog dijela (mm)	Odstupanje visine od kontrole (%)	Masa nadzemnog dijela (g)	Odstupanje mase od kontrole (%)
KOR. KONC.	83,533 b	-16,13	4,697 b	-23,36
KOR. 1:2	88,667 b	-10,98	5,107 ab	-16,67
KOR. 1:4	81,733 b	-17,94	4,031 c	-34,23
Kontrola	99,600 a	-	6,129 a	-

Rezultati koji se međusobno značajno razlikuju na razini $p < 0.05$, označeni su različitim slovima.



Slike 41 i 42. Simptomi fitotoksičnosti i inhibitorno djelovanje ekstrakata korijena pajasena na uljanu repicu 16 dana nakon primjene (snimio N. Novak)

4.2.2.2 Alelopatski potencijal ekstrakata stabljike pajasena

U istraživanju utjecaja ekstrakata stabljike pajasena na mlade biljke uljane repice primjenom ekstrakata na list, prvi simptomi fitotoksičnosti bili su vidljivi 80-96 sati nakon primjene samo na tretmanu koncentratom. Kod prve vizualne ocjene 6 dana nakon primjene utvrđena je mala redukcija visine (5%) samo na tretmanu koncentratom stabljike. Na tretmanima 1:2 i 1:4 razrjeđenjima zastoj u rastu nije utvrđen. Simptomi fitotoksičnosti jednaki su, ali manje izraženi (djelomične i blage kloroze i/ili crvenila) u odnosu na ekstrakte korijena pa su ocijenjeni ocjenama 10 za koncentrat te 5 za oba razrjeđenja. Listovi izrasli nakon tretiranja bili su bez simptoma.

Kod druge vizualne ocjene 10 dana nakon primjene, simptomi fitotoksičnosti su jednaki, ali malo izraženiji u odnosu na prvu ocjenu. Tretmani su ocijenjeni vizualnim ocjenama 20 (koncentrat), 5 (1:2 razrjeđenje) i 10 (1:4 razrjeđenje). Razlika u visini je također malo veća u odnosu na prvu ocjenu i na tretmanu koncentratom iznosi 20%, a na razrjeđenjima 0% (1:2 razrjeđenje) i 5% (1:4 razrjeđenje).

Kod konačne ocjene 16 dana nakon primjene, biljke su na svim tretmanima, uključujući kontrolu, u stadiju razvoja 3-4 lista (BBCH 13-14). Simptomi fitotoksičnosti najizraženiji su na tretmanu koncentratom (slika 43) i uključuju roza-ljubičaste i žuto-smeđe listove čiji rubovi na dodir djeluju suho, pikavi su i kruti. Stabljike svih biljaka na tretmanu su ljubičaste boje, najljubičastiji listovi i stabljike od svih varijanata istraživanja, a biljke su na opip najkruće i najtvrđe.

Sukladno nabrojanim simptomima i prethodnim vizualnim ocjenama, samo su razlike u visini i masi na tretmanu koncentratom označene kao statistički značajne (tablica 18). Visina nadzemnog dijela tretiranih biljaka smanjena je za 15,66%, a masa za 22,60%. Biljke su na svim tretmanima, uključujući kontrolu, u stadiju razvoja 3-4 lista (BBCH 13-14).

Kod svih ocjena simptomi fitotoksičnosti bili su vidljivi samo na tretiranim listovima.

Tablica 18. Djelovanje ekstrakata stabljike pajasena na visinu i masu nadzemnog dijela test-biljaka primjenom na list uljane repice

Ekstrakt	Visina nadzemnog dijela (mm)	Odstupanje visine od kontrole (%)	Masa nadzemnog dijela (g)	Odstupanje mase od kontrole (%)
STAB. KONC.	84,000 b	-15,66	4,744 b	-22,60
STAB. 1:2	97,000 a	+0,40	5,431 a	-11,39
STAB. 1:4	93,133 a	-5,49	5,816 a	-5,11
Kontrola	99,600 a	-	6,129 a	-

Rezultati koji se međusobno značajno razlikuju na razini $p < 0.05$, označeni su različitim slovima.



Slika 43. Simptomi fitotoksičnosti i inhibitorno djelovanje koncentrata stabljike pajasena na uljanu repicu 16 dana nakon primjene (snimio N. Novak)

4.2.2.3 Alelopatski potencijal ekstrakata lista pajasena

U istraživanju utjecaja ekstrakata lista pajasena na mlade biljke uljane repice primjenom ekstrakata na list, prvi blagi simptomi fitotoksičnosti vidljivi su 80-96 sati nakon primjene samo na tretmanu koncentratom, jednako kao i u istraživanju utjecaja ekstrakata stabljike. Kod prve vizualne ocjene 6 dana nakon primjene nije bilo vidljivog utjecaja na visinu biljaka niti na jednom tretmanu. Simptomi fitotoksičnosti uključuju blago crvenilo na 20-25% listova na tretmanu koncentratom i 1:2 razrjeđenjem. Fitotoksični učinci ocijenjeni su ocjenama 5 na tretmanu koncentratom te 3 na tretmanu 1:2 razrjeđenjem, dok na blažem 1:4 razrjeđenju nije bilo simptoma. Listovi izrasli nakon tretiranja bili su bez simptoma.

Kod druge vizualne ocjene 10 dana nakon primjene, nije bilo vidljivog utjecaja na visinu test-biljaka, osim na tretmanu 1:4 razrjeđenjem na kojem je vidljiva blaga stimulacija (5%). Simptomi fitotoksičnosti su jednaki, ali malo izraženiji na svim varijantama, vidljivi su i kod oba razrjeđenja pa su ocijenjeni ocjenama 15 za koncentrat te 5 za 1:2 razrjeđenje i 2 za 1:4 razrjeđenje.

Kod konačne ocjene 16 dana nakon primjene, biljke su na svim tretmanima, uključujući kontrolu, u stadiju razvoja 3-4 lista (BBCH 13-14). Simptomi fitotoksičnosti najizraženiji su na tretmanu koncentratom (slika 43), blaži na 1:2 razrjeđenju dok na 1:4 razrjeđenju nije

bilo simptoma. Simptomi uključuju ružičaste, žute (kloroze) i ružičasto-žute listove čiji rubovi na dodir djeluju suho i oštro. Stabljike biljaka su krute, bez promjena u boji.

Tablica 19. Djelovanje ekstrakata lista pajasena na visinu i masu nadzemnog dijela test-biljaka primjenom na list uljane repice

Ekstrakt	Visina nadzemnog dijela (mm)	Odstupanje visine od kontrole (%)	Masa nadzemnog dijela (g)	Odstupanje mase od kontrole (%)
LIST KONC.	93,867 a	-5,76	5,525 a	-9,85
LIST 1:2	98,867 a	-0,74	6,137 a	+0,13
LIST 1:4	103,333 a	+3,75	6,145 a	+0,26
Kontrola	99,600 a	-	6,129 a	-

Rezultati koji se međusobno značajno razlikuju na razini $p < 0.05$, označeni su različitim slovima.

Iako su zabilježeni simptomi fitotoksičnosti koji uključuju promjene u boji (slike 44 i 45) i elastičnosti test-vrsta, kod konačne ocjene 16 dana nakon primjene ekstrakata nisu izmjerene statistički značajne razlike u nadzemnoj visini i masi test-vrsta niti na jednom tretmanu (tablica 19). Biljke su na svim tretmanima, uključujući kontrolu, u stadiju razvoja 3-4 lista (BBCH 13-14), a simptomi fitotoksičnosti su kod svih ocjena bili vidljivi samo na tretiranim listovima.





Slike 44 i 45. Simptomi fitotoksičnosti na uljanoj repici na tretmanima koncentratom i 1:2 razrjeđenjem lista pajasena 16 dana nakon primjene (snimio N. Novak)

4.2.2.4 Alelopatski potencijal ekstrakata čitave biljke pajasena

U istraživanju utjecaja ekstrakata čitave biljke pajasena na mlade biljke uljane repice primjenom ekstrakata na list, prvi simptomi fitotoksičnosti bili su vidljivi već 56-72 sati

nakon primjene u svim varijantama istraživanja. Kod prve vizualne ocjene 6 dana nakon primjene utvrđena je redukcija rasta od 10% na svim tretmanima. Oštećenje nadzemne mase tj. simptomi fitotoksičnosti bili su najizraženiji na tretmanu koncentratom i ocijenjeni su ocjenama 25 za koncentrat, 20 za 1:4 razrjeđenje te 15 za 1:2 razrjeđenje koncentrata. Simptomi uključuju jače ili slabije izražene kloroze i crvenila koji su bili vidljivi na svim tretiranim listovima. Listovi izrasli nakon tretiranja bili su bez simptoma.

Kod druge vizualne ocjene 10 dana nakon primjene, simptomi fitotoksičnosti su bili malo izraženiji na tretmanu koncentratom pa je ocjena povećana s 25 na 30. Ostale ocjene su jednake kao kod prve vizualne ocjene. Zastoj u rastu također je jednak kao kod prve vizualne ocjene, i dalje iznosi 10% za sve ekstrakte.

Kod konačne ocjene 16 dana nakon primjene, simptomi fitotoksičnosti proporcionalni su koncentraciji alelokemikalija u ekstraktima. Osim kloroza i crvenila listova, uključuju i ljubičaste, krute, a kod nekih biljaka i blago deformirane stabljike (slike 46 i 47). Biljke su u svim varijantama istraživanja u stadiju razvoja 3-4 lista (BBCH 13-14). Na tretmanu koncentratom svi prvi listovi su otpali ili pred otpadanjem, a ostali listovi su sa crvenim mrljama po licu i naličju. Listovi izrasli nakon tretiranja nisu imali simptoma fitotoksičnosti. Kod svih tretiranih biljaka stabljike su ljubičaste i tvrde, a kod 15-20% biljaka u bazi polegnute (vodoravne) nakon čega su se uspravile. Biljke su na dodir krute. Na razrjeđenjima su utvrđeni jednaki, ali blaži simptomi u odnosu na tretman koncentratom, a biljke su na dodir elastičnije i mekše.

Sukladno simptomima, izmjerene su dvije statistički značajne razlike (tablica 20). Koncentrat čitave biljke smanjio je nadzemnu masu test-vrsta za 24,44%, a 1:2 razrjeđenje smanjilo je visinu nadzemnog dijela test-biljaka za 10,44%. Dakle, inhibicija mase je veća od inhibicije visine test-biljaka.

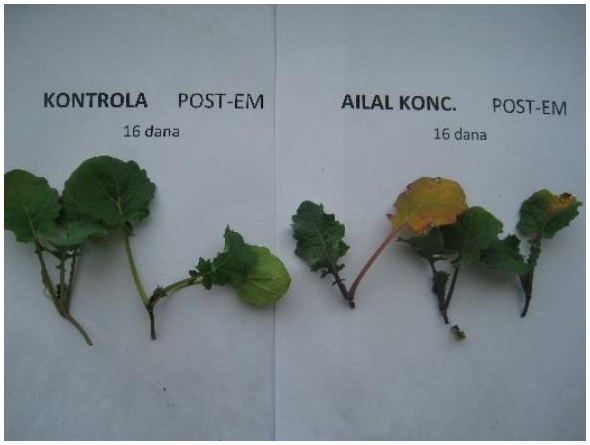
Kod svih ocjena simptomi fitotoksičnosti bili su vidljivi samo na tretiranim listovima test-biljaka.

Tablica 20. Djelovanje ekstrakata čitave biljke pajasena na visinu i masu nadzemnog dijela test-biljaka primjenom na list uljane repice

Ekstrakt	Visina nadzemnog dijela (mm)	Odstupanje visine od kontrole (%)	Masa nadzemnog dijela (g)	Odstupanje mase od kontrole (%)
AILAL KONC.	90,200 a	-9,44	4,631 b	-24,44
AILAL 1:2	89,200 b	-10,44	5,383 a	-12,17
AILAL 1:4	92,733 a	-6,89	5,486 a	-10,49
Kontrola	99,600 a	-	6,129 a	-

Rezultati koji se međusobno značajno razlikuju na razini $p < 0.05$, označeni su različitim slovima.





Slike 46 i 47. Simptomi fitotoksičnosti na uljanoj repici na tretmanu koncentratom čitave biljke pajasena 16 dana nakon primjene (snimio N. Novak)

4.2.2.5 Usporedba djelovanja ekstrakata pajasena primjenom na list uljane repice

Rezultati djelovanja ekstrakata pajasena primjenom na list uljane repice i odstupanja mjerenih parametara prikazani su u tablici 21. Ekstraktima korijena utvrđene su najveće inhibicije u istraživanju. Razrjeđenje 1:4 inhibiralo je nadzemnu visinu test-biljaka 17,94%. Slijede koncentrat korijena, koncentrat stabljike, 1:4 razrjeđenje korijena i 1:2 razrjeđenje čitave biljke s inhibicijama koje iznose 16,13%, 15,66% 10,98% i 10,44%. U ostalim varijantama istraživanja nisu utvrđene statistički značajne razlike u visini test-biljaka pa prosječno odstupanje po tretmanu iznosi malih 7,95%.

Nadzemna masa test-biljaka najjače je inhibirana na tretmanu 1:4 razrjeđenje korijena inhibiralo je nadzemnu masu test-biljaka 34,23% što je najveća inhibicija u istraživanju. Slijede koncentrat čitave biljke i koncentrat stabljike s inhibicijama od 24,44% i 22,60%. Ostali ekstrakti nisu imali statistički značajnog utjecaja na nadzemnu masu test-biljaka. Prosječno odstupanje po tretmanu iznosi 14,16%.

Najjače prosječne inhibicije, kod oba mjerena parametra, utvrđene su ekstraktima korijena pajasena. Prosječna inhibicija visine na tretmanima ekstraktima korijena iznosi 15,02%, a prosječna inhibicija mase 24,75%.

Tablica 21. Odstupanje visine i mase nadzemnog dijela test-biljaka primjenom ekstrakata pajesena na list uljane repice

Ekstrakt	Odstupanje visine od kontrole (%)	Odstupanje mase od kontrole (%)
KOR. KONC.	-16,13	-23,36
KOR. 1:2	-10,98	-16,67
KOR. 1:4	-17,94	-34,23
Prosječno odstupanje KORIJEN	**-15,02**	**-24,75**
STAB. KONC.	-15,66	-22,60
STAB. 1:2	+0,40	-11,39
STAB. 1:4	-5,49	-5,11
Prosječno odstupanje STABLJIKA	**-6,92**	**-13,03**
LIST KONC.	-5,76	-9,85
LIST 1:2	-0,74	+0,13
LIST 1:4	+3,75	+0,26
Prosječno odstupanje LIST	**-0,92**	**-3,15**
AILAL KONC.	-9,44	-24,44
AILAL 1:2	-10,44	-12,17
AILAL 1:4	-6,89	-10,49
Prosječno odstupanje ČITAVA BILJKA	**-8,92**	**-15,7**
Prosječno odstupanje UKUPNO	**-7,95**	**-14,16**

4.2.3 Primjena ekstrakata pajasena na korijen uljane repice

4.2.3.1 Alelopatski potencijal ekstrakata korijena pajasena

U istraživanju utjecaja ekstrakata korijena pajasena na mlade biljke uljane repice primjenom ekstrakata na korijen, simptomi fitotoksičnosti nisu bili vidljivi od primjene ekstrakata do konačne ocjene 15 dana nakon primjene. Stoga su fitotoksični učinci ocijenjeni ocjenom 0 za sve varijante istraživanja u svim rokovima ocjene. Za razliku od simptoma fitotoksičnosti, redukcije nadzemne visine test-biljaka izražene su na svim tretmanima i kod svih očitanja. Utvrđene redukcije visine test-biljaka na tretmanu nižom dozom koncentrata iznose 15% kod prvog i 20% kod drugog očitanja. Redukcije visine kod razrjeđenja iznosile su 5% (1:2 razrjeđenje) odnosno 10% (1:4 razrjeđenje) kod obje ocjene. Na tretmanu višom dozom koncentrata i 1:4 razrjeđenja, utvrđene redukcije visine iznose 20% kod prve i 25% kod druge ocjene, dok za 1:2 razrjeđenje iznose manjih 10% i 15%.

Kod konačne ocjene 15 dana nakon primjene, na tretmanu nižom dozom koncentrat je smanjio nadzemnu visinu test-biljaka 19,39%, a nadzemnu masu 25,40%, što su jedine

statistički značajne razlike izmjerene na tretmanima nižom dozom (tablica 22). Na tretmanima višom dozom, sva tri ekstrakta značajno su smanjili nadzemnu visinu test-biljaka. Inhibicije iznose 30,98% za koncentrat, 14,65% za 1: 2 razrjeđenje i 31,82% za 1:4 razrjeđenje (tablica 23.). Inhibicije nadzemne mase test-biljaka statistički program nije označio kao značajne.

Tablica 22. Djelovanje ekstrakata korijena pajasena tretiranjem 0,5 ml po test-biljci na visinu i masu nadzemnog dijela uljane repice

Ekstrakt	Visina nadzemnog dijela (mm)	Odstupanje visine od kontrole (%)	Masa nadzemnog dijela (g)	Odstupanje mase od kontrole (%)
KOR. KONC.	109,467 b	-19,39	5,988 b	-25,40
KOR. 1:2	129,933 a	-4,32	6,884 a	-14,24
KOR. 1:4	121,133 a	-10,80	6,231 a	-22,37
Kontrola	135,800 a	-	8,027 a	-

Rezultati koji se međusobno značajno razlikuju na razini $p < 0.05$, označeni su različitim slovima.

Tablica 23. Djelovanje ekstrakata korijena tretiranjem 1 ml po test-biljci na visinu i masu nadzemnog dijela uljane repice

Ekstrakt	Visina nadzemnog dijela (mm)	Odstupanje visine od kontrole (%)	Masa nadzemnog dijela (g)	Odstupanje mase od kontrole (%)
KOR. KONC.	103,667 c	-30,98	5,975 a	-22,78
KOR. 1:2	128,200 b	-14,65	6,642 a	-14,16
KOR. 1:4	102,400 c	-31,82	5,810 a	-24,92
Kontrola	150,200 a	-	7,738 a	-

Rezultati koji se međusobno značajno razlikuju na razini $p < 0.05$, označeni su različitim slovima.

4.2.3.2 Alelopatski potencijal ekstrakata stabljike pajasena

U istraživanju utjecaja ekstrakata stabljike pajasena na mlade biljke uljane repice primjenom ekstrakata na korijen, simptomi fitotoksičnosti nisu bili vidljivi od primjene ekstrakata do konačne ocjene 15 dana nakon primjene. Stoga su fitotoksični učinci ocijenjeni ocjenom 0 za sve varijante istraživanja u svim rokovima ocjene. Utvrđene redukcije visine nadzemnog dijela test-biljaka kod vizualnih ocjena su minimalne i na svim tretmana iznose -5% osim 0% na tretmanu 1:4 razrjeđenjem kod prve ocjene i -10% na tretmanu 1:2 razrjeđenjem kod druge ocjene.

Konačna ocjena 15 dana nakon primjene, u kojoj nisu izmjerene statistički značajne razlike u mjerenim parametrima, potvrdila je prethodne vizualne ocjene (tablice 24 i 25).

Tablica 24. Djelovanje ekstrakata stabljike tretiranjem 0,5 ml po test-biljci na visinu i masu nadzemnog dijela uljane repice

Ekstrakt	Visina nadzemnog dijela (mm)	Odstupanje visine od kontrole (%)	Masa nadzemnog dijela (g)	Odstupanje mase od kontrole (%)
STAB. KONC.	126,800 a	-6,63	7,082 a	-11,77
STAB. 1:2	127,733 a	-5,94	6,516 a	-18,82
STAB. 1:4	146,400 a	+7,81	7,987a	-0,50
Kontrola	135,800 a	-	8,027 a	-

Rezultati koji se međusobno značajno razlikuju na razini $p < 0.05$, označeni su različitim slovima.

Tablica 25. Djelovanje ekstrakata stabljike tretiranjem 1 ml po test-biljci na visinu i masu nadzemnog dijela uljane repice

Ekstrakt	Visina nadzemnog dijela (mm)	Odstupanje visine od kontrole (%)	Masa nadzemnog dijela (g)	Odstupanje mase od kontrole (%)
STAB. KONC.	148,467 a	-1,15	9,264 a	+19,72
STAB. 1:2	109,533 a	-27,08	6,326 a	-18,25
STAB. 1:4	137,000 a	-8,79	7,856 a	+1,52
Kontrola	150,200 a	-	7,738 a	-

Rezultati koji se međusobno značajno razlikuju na razini $p < 0.05$, označeni su različitim slovima.

4.2.3.3 Alelopatski potencijal ekstrakata lista pajasena

I u istraživanju utjecaja ekstrakata lista pajasena na mlade biljke uljane repice primjenom ekstrakata na korijen, simptomi fitotoksičnosti nisu bili vidljivi od primjene ekstrakata do konačne ocjene. Stoga su fitotoksični učinci ocijenjeni ocjenom 0 za sve varijante istraživanja u svim rokovima ocjene. Za razliku od simptoma fitotoksičnosti, inhibicije nadzemne visine test-biljaka izražene su na svim tretmanima i kod svih očitanja. Na tretmanu koncentratom utvrđene redukcije visine nadzemnog dijela test-biljaka iznose 15% kod prve i 20% kod druge ocjene kod obje doze. Na tretmanu 1:2 razrjeđenjem, utvrđene redukcije su također jednake kod obje doze (10% i 15%), dok na tretmanu 1:4 razrjeđenjem kod niže doze utvrđene redukcije iznose 5% kod oba očitanja, a kod više doze 10% kod prvog i 15% kod drugog očitanja.

Kod konačne ocjene koncentrat je u nižoj i višoj dozi smanjio nadzemnu visinu test-vrsta za gotovo jednaki postotak, 21,80% i 20,28%. 1:2 razrjeđenje je u nižoj dozi smanjilo nadzemnu visinu test-vrsta za 15,41%, a u višoj dozi za 21,75%. 1:4 razrjeđenje u nižoj dozi inhibiralo je nadzemnu visinu test-vrsta za statistički zanemarivih 6,14%, dok je u višoj dozi smanjenje nadzemne visine test-vrsta iznosilo statistički značajnih 17,53%.

Statistički značajan utjecaj na nadzemnu masu tretiranih biljaka nije izmjeren niti u jednoj varijanti istraživanja (tablice 26 i 27).

Tablica 26. Djelovanje ekstrakata lista tretiranjem 0,5 ml po test-biljci na visinu i masu nadzemnog dijela uljane repice

Ekstrakt	Visina nadzemnog dijela (mm)	Odstupanje visine od kontrole (%)	Masa nadzemnog dijela (g)	Odstupanje mase od kontrole (%)
LIST KONC.	106,200 c	-21,80	6,664 a	-16,98
LIST 1:2	114,867 b	-15,41	6,418 a	-20,04
LIST 1:4	127,467 a	-6,14	6,571 a	-18,14
Kontrola	135,800 a	-	8,027 a	-

Rezultati koji se međusobno značajno razlikuju na razini $p < 0.05$, označeni su različitim slovima.

Tablica 27. Djelovanje ekstrakata lista tretiranjem 1 ml po test-biljci na visinu i masu nadzemnog dijela uljane repice

Ekstrakt	Visina nadzemnog dijela (mm)	Odstupanje visine od kontrole (%)	Masa nadzemnog dijela (g)	Odstupanje mase od kontrole (%)
LIST KONC.	119,733 c	-20,28	5,848 a	-24,42
LIST 1:2	117,533 c	-21,75	6,947 a	-10,14
LIST 1:4	123,867 b	-17,53	6,686 a	-13,60
Kontrola	150,200 a	-	7,738 a	-

Rezultati koji se međusobno značajno razlikuju na razini $p < 0.05$, označeni su različitim slovima.

4.2.3.4 Alelopatski potencijal ekstrakata čitave biljke pajasena

Jednako kao u prethodnim istraživanjima primjenom ekstrakata na korijen test-biljaka, i u istraživanju utjecaja ekstrakata čitave biljke, simptomi fitotoksičnosti nisu bili vidljivi od primjene ekstrakata do konačne ocjene 15 dana nakon primjene. Stoga su fitotoksični učinci ocijenjeni ocjenom 0 za sve varijante istraživanja u svim rokovima ocjene. Za razliku od simptoma fitotoksičnosti, inhibicije nadzemne visine test-biljaka izražene su na svim tretmanima i u svim rokovima ocjene. Na tretmanu nižom dozom koncentrata utvrđene redukcije nadzemne visine test-vrsta iznose 20% kod obje ocjene, dok na tretmanu višom dozom iznose 20% kod prve i 15% kod druge vizualne ocjene. Na tretmanu nižom dozom 1:2 razrjeđenja utvrđene redukcije nadzemne visine su jednake kod obje ocjene i iznose 10%. Na tretmanu višom dozom istog razrjeđenja procijenjene inhibicije iznose 10% i 5%. Na tretmanu 1:4 razrjeđenjem, kod obje doze i oba očitanja utvrđene redukcije nadzemne visine test-biljaka iznose jednakih 10%.

Kod konačne ocjene, samo su na tretmanu koncentratom izmjerene statistički značajne razlike (tablice 28 i 29). U nižoj dozi koncentrat čitave biljke smanjio je nadzemnu visinu test-vrsta za 20,51%, a nije značajno utjecao na nadzemnu masu. Na tretmanu višom dozom nadzemna visina test-biljaka smanjena je za gotovo jednakih 20,86%, a nadzemna masa za većih i statistički značajnih 26,22%. Razrjeđenjima nisu utvrđene statistički značajne razlike.

Tablica 28. Djelovanje ekstrakata čitave biljke tretiranjem 0,5 ml po test-biljci na visinu i masu nadzemnog dijela uljane repice

Ekstrakt	Visina nadzemnog dijela (mm)	Odstupanje visine od kontrole (%)	Masa nadzemnog dijela (g)	Odstupanje mase od kontrole (%)
AILAL KONC.	119,400 b	-20,51	6,509 a	-15,88
AILAL 1:2	138,800 a	-7,59	8,325 a	+7,59
AILAL 1:4	138,200 a	-7,99	7,919 a	+2,34
Kontrola	150,200 a	-	7,738 a	-

Rezultati koji se međusobno značajno razlikuju na razini $p < 0.05$, označeni su različitim slovima.

Tablica 29. Djelovanje ekstrakata čitave biljke tretiranjem 1 ml po test-biljci na visinu i masu nadzemnog dijela uljane repice

Ekstrakt	Visina nadzemnog dijela (mm)	Odstupanje visine od kontrole (%)	Masa nadzemnog dijela (g)	Odstupanje mase od kontrole (%)
AILAL KONC.	107,467 b	-20,86	5,922 b	-26,22
AILAL 1:2	130,467 a	-3,93	7,450 a	-7,19
AILAL 1:4	122,000 a	-11,63	7,852 a	-2,18
Kontrola	135,800 a	-	8,027 a	-

Rezultati koji se međusobno značajno razlikuju na razini $p < 0.05$, označeni su različitim slovima.

4.2.3.5 Usporedba djelovanja ekstrakata pajasena primjenom na korijen uljane repice

Rezultati djelovanja ekstrakata pajasena primjenom na korijen uljane repice i odstupanja mjerenih parametara prikazani su u tablici 30. Primjenom niže doze (0,5 ml) koncentrat korijena pajasena inhibirao je nadzemnu masu uljane repice za 25,40%. Prosječno odstupanje nadzemne mase test-biljaka iznosi 20,67% za ekstrakte korijena, 18,39% za ekstrakte lista te 10,36% za ekstrakte stabljike. Ekstrakti čitave biljke prosječno su smanjili nadzemnu masu test-biljaka za zanemarivih 1,98%. Najveća inhibicija nadzemne visine

utvrđena je koncentratu lista i iznosi 21,80%. Slijede koncentrat čitave biljke, koncentrat korijena i 1:2 razrjeđenje lista s inhibicijama koje iznose 20,51%, 19,39% i 15,41%.

Primjenom više doze (1 ml) utjecaj na nadzemnu visinu je izraženiji u odnosu na utjecaj na nadzemnu masu test-biljaka. Dvije najjače inhibicije visine utvrđene su ekstraktima korijena pajasena. Razrjeđenje 1:4 i koncentrat korijena inhibirali su nadzemnu visinu uljane repice za 31,82% i 30,98%. Slijede 1:2 razrjeđenje lista, koncentrat čitave biljke i koncentrat lista s inhibicijama većim od 20%. Nadzemna masa test-biljaka najjače je inhibirana koncentratom čitave biljke (26,22%) tako da je vidljiva i razlika u ukupnoj prosječnoj inhibiciji (odstupanjju) koja iznosi 17,54% za visinu i 12,38% za masu test-biljaka. Primjenom niže doze i ukupne prosječne inhibicije su manje i iznose 9,89% za visinu i 12,85% za masu test-biljaka.

Najjače prosječne inhibicije visine test-biljaka utvrđene su ekstraktima lista (14,45%) kod primjene niže i ekstraktima korijena (25,82%) pajasena kod primjene više doze. Najjače prosječne inhibicije mase test-biljaka utvrđene su ekstraktima korijena kod primjene niže (20,67%) i više doze (20,62%).

Tablica 30. Odstupanje visine i mase nadzemnog dijela test-biljaka primjenom ekstrakata pajesena na korijen uljane repice

Ekstrakt	**Odstupanje visine od kontrole (%)**	**Odstupanje mase od kontrole (%)**	**Odstupanje visine od kontrole (%)**	**Odstupanje mase od kontrole (%)**
	0,5 ml		**1 ml**	
KOR. KONC.	-19,39	-25,40	-30,98	-22,78
KOR. 1:2	-4,32	-14,24	-14,65	-14,16
KOR. 1:4	-10,80	-22,37	-31,82	-24,92
Prosječno odstupanje KORIJEN	**-11,50**	**-20,67**	**-25,82**	**-20,62**
STAB. KONC.	-6,63	-11,77	-1,15	+19,72
STAB. 1:2	-5,94	-18,82	-27,08	-18,25
STAB. 1:4	+7,81	-0,50	-8,79	+1,52
Prosječno odstupanje STABLJIKA	**-1,59**	**-10,36**	**-12,34**	**+1,00**
LIST KONC.	-21,80	-16,98	-20,28	-24,42
LIST 1:2	-15,41	-20,04	-21,75	-10,14
LIST 1:4	-6,14	-18,14	-17,53	-13,60
Prosječno odstupanje LIST	**-14,45**	**-18,39**	**-19,85**	**-16,05**
AILAL KONC.	-20,51	-15,88	-20,86	-26,22
AILAL 1:2	-7,59	+7,59	-3,93	-7,19
AILAL 1:4	-7,99	+2,34	-11,63	-2,18
Prosječno odstupanje ČITAVA BILJKA	**-12,03**	**-1,98**	**-12,14**	**-11,86**
Prosječno odstupanje UKUPNO	**-9,89**	**-12,85**	**-17,54**	**-12,38**

4.3 Utvrđivanje koncentracije ailantona u dijelovima pajasena

U tablici 31 prikazani su rezultati koncentracije ailantona u ekstraktima čitave biljke i dijelova (biljnih organa) pajasena.

Tablica 31. Koncentracija ailantona u ekstraktima pajasena

Ekstrakt	Aktivna tvar	Koncentracija aktivne tvari (mg/ml)
KORIJEN	Ailanton	0,35
STABLJIKA	Ailanton	0,15
LIST	Ailanton	0,12
ČITAVA BILJKA	Ailanton	0,19

Najveća koncentracija ailantona utvrđena je u ekstraktu korijena pajasena i iznosi 0,35 mg/ml. Koncentracija ailantona u ekstraktu stabljike iznosi puno manjih 0,15 mg/ml, a u ekstraktu lista 0,12 mg/ml. Koncentracija ailantona u ekstraktu čitave biljke je u skladu s utvrđenim vrijednostima po pojedinim organima pajasena i iznosi 0,19 mg/ml.

5. RASPRAVA

5.1 Alelopatski potencijal invazivnih alohtonih biljnih vrsta

U istraživanju alelopatskog potencijala invazivnih alohtonih vrsta na klijanje i rani porast klijanaca test-vrsta, utjecaj na postotak klijavosti nije bio značajnije izražen. Izuzetak je smanjenje klijavosti uljane repice na tretmanu vodenim ekstraktom pajasena. Postignuti rezultati potvrđuju često upotrebljavanu hipotezu u istraživanjima koja navodi da je jači alelopatski utjecaj na početni porast u odnosu na postotak klijavosti test-vrsta (Kazinczi i sur., 2013), a koju su svojim istraživanjima potvrdili brojni autori (Norby i Kozlowski (1980), Kazinczi i sur. (2004b), Takács i sur. (2004), Đikić (2005b), Lovett i sur. (2006), Novak (2007), Csiszár i sur. (2012) te Peharda (2015)). U svim navedenim istraživanjima nije bilo značajnijeg utjecaja istraživanih ekstrakata na postotak klijavosti test-vrsta. Međutim, brojni autori utvrdili su suprotno, odnosno značajan utjecaj ekstrakata različitih donor vrsta na postotak klijavosti test-vrsta. Tako Bruckner (1998) i Hodisan i sur. (2009) navode značajno smanjenje postotka klijavosti test-vrsta na tretmanu vodenim ekstraktom ambrozije, a Pisula i Meiners (2010a), Csiszár i sur. (2012) i Živković (2015) na tretmanu vodenim ekstraktom velike zlatnice. Choi i sur. (2010) utvrdili su 68.3%, 74.6% i 87.3% manju klijavost test-vrstama na tretmanu ekstraktom lista ambrozije. Klijavost kukuruza bila je značajno inhibirana vodenim ekstraktom europskog mračnjaka (Šćepanović i sur., 2007.; Konstantinović i sur., 2012.; Konstantinović i sur., 2013) i bijelog kužnjjaka (Šćepanović i sur., 2007). U istraživanjima Kazinczi i sur. (2004b) vodeni ekstrakt bijelog kužnjaka reducirao je klijanje sjemena suncokreta za 86%. Inam i sur. (1987), Kadioglu (2004), Shajie i Saffari (2007), Tanveer i sur. (2008), Jalal i sur. (2013) i Konstantinović i sur. (2013) navode da ekstrakt dikice inhibira klijanje test-biljaka. Osim jednogodnišnjih biljnih vrsta, inhibitorni učinak na klijavost test biljaka utvrđena je i primjenom ekstrakata višegodišnjih billjnih vrsta. Tako Vuković (2015) izvještava da ekstrakti pajasena, japanskog dvornika i amorfe djeluju inhibirajuće na postotak klijavosti test-vrsta. Iz navedenog je vidljivo da je utjecaj na postotak klijavosti vrlo različit i da je, unatoč navedenoj hipotezi i rezultatima koji je potvrđuju, u velikom broju istraživanja zabilježen i suprotan tj. značajan utjecaj ekstrakata invazivnih korovnih vrsta i na ovaj parametar.

Za razliku od postotka klijavosti, duljina korjenčića i klice test-vrsta značajno su inhibirane na svim tretmanima. Sve utvrđene reakcije test-vrsta, ukupno 48 izmjerenih reakcija (8 ekstrakata različitih biljaka, 3 test-vrste, duljina korjenčića i duljina klice) su negativne odnosno inhibirajuće. Inhibicije korjenčića iznose od 16,94% do 94,88%. Najmanja reakcija izmjerena je uljanoj repici na tretmanu ekstraktom europskog mračnjaka, a

najveća na istoj test-vrsti na tretmanu ekstraktom pajasena. Duljina klice uljane repice inhibirana je od 11,53% na tretmanu ekstraktom dikice do 98,91% na tretmanu ekstraktom pajasena. Ekstrakt pajasena je, dakle, inhibirao duljinu korjenčića uljane repice 94,88%, a duljinu klice 98,91%, što je gotovo herbicidni učinak i najveća izmjerena inhibicija u istraživanju (slika 28). Zamjetno je da su uljanoj repici izmjerene najmanje i najveće reakcije, ovisno o vrsti ekstrakta, a pajasenu kao donor vrsti najjače inhibicije. Kod zobi su također izmjerene vrlo visoke inhibicije na tretmanima ekstraktima pajasena dok suncokret nije u tolikoj mjeri iskazao osjetljivost na alelokemikalije ove biljke. Rezultati su u skladu s rezultatima autora De Feo i sur. (2003) i Pisula i Meiners (2010b) koji također, između deset istraživanih vrsta, izdvajaju pajasen kao biljku najjačeg alelopatskog potencijala.

Zob kao test biljka pokazala se jako osjetljiva na primjenu ekstrakata višegodišnjih biljnih vrsta amorfe, velike zlatnice i pajasena s inhibicima duljine klice većim od 90%. Međutim, zob je osjetljiva i na vodene ekstrakte europskog mračnjaka, ambrozije i japanskog dvornika s inhibicijama klice iznad 80%. U usporedbi s inhibicijama klica, inhibicije korjenčića su manje izražene. Nakon pajasena, tri najveće inhibicije izmjerene su svim trima test-vrstama na tretmanima ekstraktima bijelog kužnjaka. Slijede tretmani ekstraktima amorfe i pajasena (test-vrsta zob) te ambrozije i velike zlatnice (test-vrsta uljana repica).

Polučeni rezultati usporedivi su s rezultatima brojnih autora. Bhowmik i Doll (1982), Novak (2007), Simić i Uludag (2007) i Šćepanović i sur. (2007) dokazali su negativno alelopatsko djelovanje i visok alelopatski potencijal europskog mračnjaka na test-biljke, a što je potvrđeno i našim istraživanjem. Csiszár i sur. (2013), Pavićević (2013) i Vuković (2015) dokazali su značajnu inhibiciju duljine korjenčića i klice test-biljaka tretiranim vodenim ekstraktima pajasena, amorfe i japanskog dvornika. Negativno alelopatsko djelovanje japanskog dvornika i dvije srodne vrste dokazali su i autori Vrchotová i Šerá (2008). U istraživanju koje je provela Csiszár (2009), rani porast bijele gorušice inhibiran je vodenim ekstraktima amorfe i pajasena što je također u skladu s našim rezultatima. Ipak, za razliku od naših rezultata, u navedenom istraživanju ekstrakt amorfe pokazao je veću potentnost od ekstrakta pajasena što se može objasniti različitim test-vrstama korištenim u istraživanjima.

Velika zlatnica je po ukupnom odstupanju gotovo jednaka amorfi što je u skladu s rezultatima koje je objavio Peharda (2015). Zanimljivo je da mnogi autori ističu različit (inhibitorni, neutralan i stimulirajući) alelopatski utjecaj vodenih ekstrakata velike zlatnice na mjerene parametre. Csiszár i sur. (2012) navode kako vodeni ekstrakti velike zlatnice značajno inhibiraju duljinu korjenčića bijele gorušice dok na duljinu klice nije izmjeren značajan utjecaj. Sekutowski i sur. (2012) navode da ekstrakti velike zlatnice djeluju

stimulativno na duljinu korjenčića suncokreta što nije u skladu s rezultatima našeg istraživanja u kojem je korjenčić suncokreta značajno inhibiran. Suprotno rezultatima Bortniak i sur. (2011) koji navode da ekstrakti velike zlatnice nemaju utjecaja na uljanu repicu, u našem istraživanju značajno su inhibirani i korjenčić i klica uljane repice s odstupanjima većim od 70%.

Zanimljivo je da Chon i Nelson (2010) ističu kako veliki broj vrsta iz porodice glavočika (Asteraceae) ima visok alelopatski potencijal, ali rod *Ambrosia* ne smatraju posebno potentnim. Unutar porodice autori izdvajaju rod *Xanthium*. U našem istraživanju ambrozija je, suprotno spomenutom navodu, iskazala zamjetno jače djelovanje od dikice. Inam i sur. (1987), Kadioglu (2004), Shajie i Saffari (2007), Tanveer i sur. (2008), Jalal i sur. (2013) te Konstantinović i sur. (2013) navode dikicu kao biljku visokog alelopatskog potencijala što je ovim istraživanjem djelomično potvrđeno.

Ambrozija je iskazala visok alelopatski potencijal što je u skladu s rezultatima koje su objavili Bruckner (1998), Csiszár i sur. (2013) i Vidotto i sur. (2013) te navodom Simić i Uludag (2007) koji su je izdvojili kao vrstu koja negativnim alelopatskim djelovanjem smanjuje prinos usjeva suncokreta. U našem istraživanju inhibicija korjenčića suncokreta na tretmanu ekstraktom ambrozije iznosi 40,34%, a klice 43,09% što je zamjetna inhibicija, ali ispod prosjeka ovog istraživanja.

Osim ambrozije, autori izdvajaju i bijeli kužnjak koji se u našem istraživanju pokazao kao biljka visokog alelopatskog potencijala s vrlo visokim inhibicijama korjenčića svih triju test-vrsta (77,79%, 82,54% i 91,39%). Rezultati su u skladu s rezultatima autora Lovett i sur. (2006), Shajie i Saffari (2009) i You i Wang (2011) koji su na tretmanu ekstraktom bijelog kužnjaka dokazali inhibiciju korjenčića i klice kod više test-vrsta, među kojima je i kukuruz. Suprotno navedenom, Šćepanović i sur. (2007) navode da je ekstrakt nadzemnog dijela bijelog kužnjaka inhibirao duljinu klice, a stimulirao duljinu korjenčića kukuruza. Pacanoski i sur. (2014) izvještavaju o stimulativnom djelovanju ekstrakta bijelog kužnjaka na duljinu korjenčića i klice suncokreta što nije u skladu s rezultatima našeg istraživanja u kojem nije zabilježeno stimulativno djelovanje niti jednog parametra. Sve jednogodišnje donor vrste (europski mračnjak, amborzija, bijeli kužnjak i dikica) su česti korovi kukuruza i suncokreta, djelomično i u uljane repice (nakon sjetve do prvog mraza), kojima, osim kompeticijom, štetu nanose i alelopatskim djelovanjem.

Može se zaključiti da rezultati istraživanja alelopatskog potencijala istih vrsta ne rezultira jednakim rezultatima što se može dovesti u vezu s brojnim čimbenicima kao što su specifični pedoklimatski uvjeti na pojedinom području, odnosno s varijabilnošću vrste s gledišta sadržaja alelokemikalija kao i specifičnostima svakog pojedinog istraživanja.

Ako uspoređujemo alelopatski potencijal jednogodišnjih segetalnih i višegodišnjih ruderalnih vrsta na postotak klijavosti, u skupini višegodišnjih ruderalnih donor vrsta

zabilježen je jedan značajan utjecaj na postotak klijavosti. Ekstrakt pajasena smanjio je klijavost uljane repice za 21,8%. U skupini jednogodišnjih segetalnih donor vrsta nije zabilježen statistički značajan utjecaj na postotak klijavosti test biljaka. Za razliku od učinka na klijavost, duljina korjenčića i klice test-vrsta značajno su inhibirane na svim tretmanima kod obje grupe biljaka.

Iz skupine jednogodišnjih segetalnih vrsta najveću inhibiciju korjenčića postigao je bijeli kužnjak na uljanoj repici (91,39%), dok je iz skupine višegodišnjih ruderalnih najveću inhibiciju postigao pajasen na istoj kulturi (94,88%). Najveća inhibicija klice u prvoj skupini iznosi 88,89% (europski mračnjak), a u drugoj 98,91% (pajasen) što je ujedno i najveća inhibicija u istraživanju. Vidljivo je da su inhibicije korjenčića i klice veće u skupini višegodišnjih ruderalnih biljaka i da je u oba slučaja pajasen najveći inhibitor, a najosjetljivija vrsta uljana repica. Stoga su pajasen i uljana repica odabrani za drugi dio istraživanja kao donor vrsta i test-vrsta.

Ukupno odstupanje duljine korjenčića od duljine na kontroli najveće je kod jednogodišnje vrste bijeli kužnjak i iznosi -251,72% (tablica 8). Slijede četiri višegodišnje vrste koje predvodi pajasen s -215,66%. Najmanja odstupanja u istraživanju utvrđena su ostalim trima jednogodišnjim vrstama uključenim u istraživanje (ambroziji, dikici i europskom mračnjaku).

Ukupno odstupanje duljine klice od duljine na kontroli najveće je kod pajasena i iznosi -230,61% (tablica 8). Slijede ambrozija i europski mračnjak kao jednogodišnje te dvije višegodišnje (amorfa i velika zlatnica) tako da u djelovanju na klicu nije uočena velika razlika obzirom na skupinu kojoj donor vrsta pripada.

Zbroj ukupnog inhibitornog djelovanja (korjenčić+klica) na test-vrste najveće je kod višegodišnje vrste pajasen i iznosi -446,27% (tablica 9.). Slijedi jednogodišnji bijeli kužnjak te dvije višegodišnje vrste amorfa i velika zlatnica. Najslabije djelovanje izmjereno je jednogodišnjim vrstama europski mračnjak i dikica. Zbroj ukupnog inhibitornog djelovanja (korjenčić+klica) na test-vrste od sve četiri višegodišnje vrste iznosi 1547,95%, a od jednogodišnjih vrsta 1320,65% (tablica 10.).

Iz navedenog se nameće zaključak da sve donor vrste uključene u istraživanje posjeduju visok alelopatski potencijal koji je dokazan negativnim reakcijama svih triju test-vrsta u svim varijantama istraživanja. Ekstrakti višegodišnjih ruderalnih vrsta potentniji su u odnosu na ekstrakte jednogodišnjih segetalnih vrsta. Neki autori kao što su Inderjit i Dakshini (1999) i Siemens i Blossey (2007) sugeriraju da je alelopatsko djelovanje višegodišnjih korova u prirodi značajnije, jer je koncentrirano na jednom mjestu, dok je alelopatsko djelovanje jednogodišnjih korova ograničeno njihovim životnim ciklusom. Postignutim rezultatima ovog istraživanja potvrđena je navedena pretpostavka.

5.2 Alelopatski potencijal pajasena ovisno o dijelu biljke i načinu apsorpcije

5.2.1 Primjena ekstrakata pajasena na sjeme uljane repice

U istraživanjima utjecaja ekstrakata korijena, stabljike, lista i čitave biljke pajasena na klijanje i rani porast korjenčića i klice uljane repice nije utvrđen niti jedan stimulativan učinak. Sve statistički opravdane razlike bile su negativne, a simptomi fitotoksičnosti vidljivi u svim varijantama istraživanja. Zbog specifičnosti istraživanja, nisu dostupni rezultati drugih autora o utjecaju alelokemikalija iz dijelova pajasena na sjeme test-vrsta.
Kod svih ekstrakata uključenih u istraživanje utjecaj na klijavost je manji u odnosu na utjecaj na rani porast korjenčića i klice test-biljaka. Koncentrat korijena, 1:4 razrjeđenje korijena i koncentrat čitave biljke jedini su ekstrakti kojima je zabilježen statistički opravdan utjecaj na postotak klijavosti test-biljaka i iznosio je 37,78%, 12,22% i 41,11%.
Utjecaj na duljinu korjenčića i duljinu klice test- biljaka puno je veći u odnosu na utjecaj na klijavost kod svih ekstrakata. Prosječno smanjenje klijavosti iznosi 6,67% po tretmanu (tablica 17.), korjenčića 58,01% (tablica 18.), a klice gotovo jednakih 58,19% (tablica 19.). Svi ekstrakti uključeni u istraživanje (koncentrati i razrjeđenja, ukupno 12 ekstrakata) značajno su inhibirali i duljinu korjenčića i duljinu klice uljane repice što je dokaz vrlo visoke potentnosti alelokemikalija u svim dijelovima pajasena. Koncentrat čitave biljke smanjio je duljinu korjenčića 91,03%, a duljinu klice 97,71% što su najveće utvrđene vrijednosti. Druge najveće inhibicije utvrđene su na tretmanu koncentratom korijena i iznosile su 88,46% za korjenčić i 94,52% za klicu. Međutim, razrjeđenjima čitave biljke nije utvrđena tolika potentnost kao razrjeđenjima korijena koja su potentnija i izazvala su veće inhibicije i od koncentrata stabljike i od koncentrata lista. Prosječno smanjenje duljine korjenčića i duljine klice za ekstrakte korijena iznosi 83,36% i 91,04%, a za ekstrakte čitave biljke puno manjih i gotovo prosječnih 66,58% i 60,41% (tablica 20.). Ukupno smanjenje svih mjerenih parametara, uključujući i postotak klijavosti, za čitavu biljku iznosi 423,19%, a za korijen puno većih 572,10% (tablica 21.). Iako je koncentratu čitave biljke utvrđena najveća inhibicija, nakon razrjeđenja brže gubi učinkovitost od koncentrata korijena, čijim razrjeđenjima su utvrđene inhibicije gotovo jednake baznom koncentratu.
Ekstrakti stabljike i lista također djeluju inhibitorno, ali slabije u odnosu na ekstrakte korijena i čitave biljke. U zajedničkom djelovanju s alelokemikalijama iz stabljike i lista, koncentrat čitave biljke ima gotovo herbicidni učinak na uljanu repicu, za nijansu jači od učinka koncentrata korijena. Simptomi fitotoksičnosti također su najjače izraženi na tretmanu koncentratom čitave biljke. Razrjeđenjem koncentrata učinak i simptomi fitotoksičnosti se smanjuju puno jače nego razrjeđenjem koncentrata korijena kod kojih su

simptomi jednaki kod koncentrata i oba razrjeđenja. Deset dana nakon tretmana ekstraktom čitave biljke, klijanci su, uz simptome fitotoksičnosti, nastavili s rastom, dok se na tretmanima ekstraktima korijena, čak niti na 1:4 razrjeđenju, nisu oporavili. Može se zaključiti da je, unatoč najvećoj inhibiciji izmjerenoj na tretmanu koncentratom čitave biljke, većina visoko potentnih alelokemikalija pajasena koncentrirana u korijenu. Slijede podjednaki list i stabljika čije alelokemikalije u zajedničkom djelovanju potpomažu učinak alelokemikalija korijena što je rezultiralo jakim djelovanjem koncentrata čitave biljke.

5.2.2 Primjena ekstrakata pajasena na list uljane repice

U istraživanjima utjecaja ekstrakata korijena, stabljike, lista i čitave biljke pajasena primjenom putem lista uljane repice, nije zabilježen ni jedan statistički opravdan stimulativan alelopatski učinak. Sva statistički značajna odstupanja bila su negativna (inhibirajuća). Izmjerene vrijednosti tj. odstupanja puno su manja od odstupanja kod primjene ekstrakata na sjeme.

Najviše statistički opravdanih razlika i najveća inhibicija utvrđena je na biljkama tretiranim ekstraktima korijena. Sva tri ekstrakta (koncentrat i dva razrjeđenja) značajno su inhibirala nadzemnu visinu i masu test-biljaka. Najveći inhibitorni učinak izmjeren je 1:4 razrjeđenju koncentrata korijena koji je smanjio nadzemnu masu biljaka za 34,23% što je ujedno najveća izmjerena inhibicija svih istraživanih ekstrakata kod primjene putem lista. Od istraživanih ekstrakata stabljike, samo je početni koncentrat smanjio visinu (15,66%) i masu (22,60%) uljane repice, dok ekstraktima lista nisu utvrđene statistički značajne razlike. Koncentrat čitave biljke smanjio je nadzemnu masu biljaka uljane repice za 24,44%, a 1:2 razrjeđenje smanjilo je visinu nadzemnog dijela za 10,44%. Iz navedenog je vidljivo da su ekstrakti korijena iskazali najveću potentnost, a ekstrakti lista najmanju. Simptomi fitotoksičnosti na listovima uljane repice tretiranih ekstraktima korijena i čitave biljke bili su vidljivi već 56-72 sati nakon primjene u svim varijantama, dok su na tretmanu ekstraktima stabljike i lista prvi simptomi bili vidljivi kasnije, 80-96 sati nakon primjene i to samo na tretmanu koncentratom. Najveća ocjena fitotoksičnosti iznosila je 35 na tretmanu 1:4 razrjeđenjem koncentrata korijena 10 dana nakon primjene. Simptomi fitotoksičnosti na tretmanima ekstraktima čitave biljke bili su mješavina simptoma izazvanih ekstraktima korijena i ekstraktima stabljike. Najveća vizualna ocjena inhibicije visine iznosila je 30% na istom tretmanu 6 dana nakon primjene, što upućuje na mali oporavak tretiranih biljaka do završne ocjene (16 dana nakon primjene). Najviše statistički značajnih razlika, najveća inhibicija, najveća ocjena fitotoksičnosti i podjednak učinak koncentrata i 1:4 razrjeđenja upućuju na zaključak da je u korijenu pajasena visoka koncentracija potentnih

alelokemikalija što je u skladu s rezultatima primjenom ekstrakata na sjeme. Slijede ekstrakti čitave biljke pa promijenjen redoslijed u odnosu na primjenu ekstrakata na sjeme – ekstrakti stabljike te ekstrakti lista. Heisey (1990a) navodi koru korijena pajasena kao glavno „skladište alelokemikalija“. Autor je vodenim ekstraktima kore korijena pajasena prskao test-vrste od kojih su se neke potpuno osušile. Prvi simptomi bili su vidljivi 24-48 sati nakon tretiranja u obliku nekroza ili smeđenja listova. Obzirom da su simptomi fitotoksičnosti u našem istraživanju bili vidljivi nešto kasnije (72 h nakon primjene) i u nešto blažem obliku (kloroze, crvenila), postignuti rezultati su u skladu s navodom spomenutog autora da je kora korijena najvažniji izvor alelokemikalija pajasena. U našem istraživanju koncentracija alelokemikalija je bila niža jer su ekstrakti pripravljani od čitavog korijena pa su i reakcije test-biljaka bile nešto slabije. U drugom istraživanju Heisey i Heisey (2003) su ekstraktom kore stabljike (debla) pajasena prskali test-vrste. Snažan herbicidni učinak uočen je nekoliko dana nakon prskanja. Simptomi fitotoksičnosti i uvenuće zabilježeno je kod 9, a značajno smanjenje mase biljaka kod čak 13 od 17 test-vrsta uključenih u istraživanje. Rezultati potvrđuju navod da je kora glavni izvor alelokemikalija pajasena što se može objasniti komunikacijom biljaka s vanjskim svijetom preko kore (korijena i stabljike). U sljedećem istraživanju Heisey (1996) je iz kore korijena izolirao ailanton, alelokemikaliju koju smatra odgovornom za alelopatsko djelovanje pajasena, te je njime prskao test-biljke. Primjena je rezultirala uvenućem 5 od 7 vrsta unutar 5 dana od tretmana. Ferguson i Rathinasabapathi (2003) i Sladonja i sur. (2015) izdvajaju ailanton kao neselektivni post-emergence herbicid. U našim istraživanjima alelokemikalije pajasena pokazale su visoku toksičnost u primjeni na sjeme (pre-em) te nešto nižu u primjeni na list (post-em). Test-biljke nisu uvenule, ali su bili vidljivi fitotoksični učinci i izmjerene statistički značajne razlike u visini i masi biljaka što djelomično potvrđuje prethodne navode.

U svim istraživanjima inhibicija mase je bila veća od inhibicije visine. Ovisno o potentnosti ekstrakta, na tretiranoj lisnoj masi su se pojavili simptomi fitotoksičnosti ili je dio otpao ili nekrotizirao, što je rezultiralo manjom vrijednosti mase. Najveća razlika bila je vidljiva na tretmanima ekstraktima korijena kod kojih je prosječna inhibicija visine iznosila 15,02%, a mase 24,75% (tablica 21).

Na svim tretmanima na kojima su bili vidljivi simptomi fitotoksičnosti, listovi izrasli nakon tretiranja bili su bez simptoma što upućuje na kontaktno folijarno djelovanje svih ekstrakata u istraživanju.

5.2.3 Primjena ekstrakata pajasena na korijen uljane repice

U istraživanjima utjecaja ekstrakata korijena, stabljike, lista i čitave biljke pajasena na test-biljke primjenom na korijen nije utvrđen niti jedan statistički opravdan stimulativan alelopatski učinak. Sva utvrđen odstupanja su negativna, a tretirane biljke inhibirane u mjerenim parametrima. Utvrđena odstupanja su manje izražena od odstupanja kod primjene ekstrakata na sjeme i podjednake inhibicijama utvrđenim kod primjene istih ekstrakata na list.

Jednako kao kod primjene ekstrakata na sjeme i na list uljane repice, najviše statistički opravdanih razlika i najveća inhibicija utvrđena je biljkama tretiranim ekstraktima korijena pajasena. Od 5 utvrđenih statistički značajnih razlika, 4 se odnose na inhibiciju visine, a jedna na masu test-biljaka. Najveći inhibitorni učinak utvrđen je 1:4 razrjeđenju koncentrata korijena. Gotovo jednak učinak koncentrata (30,98%) i 1:4 razrjeđenja (31,82%) upućuje na zaključak da je u korijenu pajasena visoka koncentracija potentnih alelokemikalija, što je usporedivo s postignutim rezultatima primjenom ekstrakata na sjeme i na list. Primjenom više doze, ekstraktima korijena pajasena utvrđene su najjače prosječne inhibicije visine test-biljaka (25,82%). Najjače prosječne inhibicije mase test-biljaka kod primjene niže (20,67%) i više doze (20,62%) također su utvrđene ekstraktima korijena (tablica 30). Za razliku od ekstrakata korijena, ekstraktima stabljike nisu utvrđene statistički značajne razlike. Ekstrakti lista djelovali su inhibitorno samo na visinu test-biljaka, u nižoj dozi koncentrat i 1:2 razrjeđenje koncentrata, a u višoj dozi sva tri ekstrakta. Primjenom niže doze ekstraktima lista utvrđene su najjače prosječne inhibicije visine test-biljaka (14,45%, tablica 30) što je iznenađujuće i razlikuje se od rezultata dobivenih primjenom na sjeme i list test-biljaka. Može se objasniti tlom kao posrednikom između ekstrakata donor vrste i test-biljaka u kojem dolazi do različitih reakcija (kemijskih, mikrobioloških i dr.) i promjena izvornih alelokemikalija. Od istraživanih ekstrakata čitave biljke, samo je početni koncentrat djelovao inhibitorno na visinu i masu test-biljaka dok razrjeđenjima nisu utvrđene statistički značajne razlike.

Dakle, i kod primjene na korijen uljane repice, ekstrakti korijena pajasena iskazali su najveću potentnost što je u skladu s postignutim rezultatima kod primjene ekstrakata na sjeme i na list test-vrste. Nameće se zaključak da je u korijenu pajasena visoka koncentracija potentnih alelokemikalija koje djeluju putem sjemena, lista i korijena. Prema jačini utvrđenih inhibicija, nakon ekstrakata korijena pajasena slijede ekstrakti lista i čitave biljke te ekstrakti stabljike kojima nije utvrđena statistički opravdana razlika mjerenih parametara. Za razliku od primjene ekstrakata prskanjem, kod primjene zalijevanjem niti na jednom tretmanu nisu zabilježeni simptomi fitotoksičnosti. Pretpostavka je da je slabiji učinak alelokemikalija pajasena kod primjene zalijevanjem uzrokovan tlom koje je

posrednik između primijenjenih ekstrakta i korijena biljke. Vezanjem na organsku tvar ili adsorpcijski kompleks tla, alelokemikalije postaju nedostupne korijenu biljaka. Osim toga, alelokemikalije brzo gube aktivnost u tlu zbog brze mikrobiološke razgradnje o kojoj pišu Sterling i Putnam (1987). Autori su dokazali da isti ekstrakt u sterilnom tlu ima inhibitorno djelovanje, a u nesterilnom nema djelovanja. Rice (1984), pored mikrobiološke, navodi i kemijsku razgradnju alelokemikalija u tlu. Heisey (1996) i Heisey (1997) navodi da su toksični učinci ailantona, alelokemikalije koju smatra odgovornom za alelopatsko djelovanje pajasena, u tlu kratkog vijeka zbog mikrobiološke razgradnje. Unatoč navedenom, Selleck (1972) je nakon zalijevanja ekstraktom biljke *Antennaria microphylla* Rydb. utvrdio inhibitorne reakcije na visinu i masu tretiranih biljaka što je sukladno postignutim rezultatima ovog istraživanja. Šumatić (1987) je zalijevanjem ekstraktom rizoma pirike dokazala stimulativno (soja), inhibitorno (pšenica) i djelovanje bez učinka (kukuruz). Iz navedenog se nameće zaključak da na djelovanje alelokemikalija putem tla djeluje više različitih čimbenika od primjene putem lista ili izravne primjene na sjeme (preko filtar-papira) koja ne uključuje tlo kao posrednika između alelokemikalija donor vrsta i test-biljaka.

5.3 Utvrđivanje koncentracije ailantona u dijelovima pajasena

Najveća koncentracija ailantona utvrđena je u ekstraktu korijena pajasena u kojem je utvrđeno više nego dvostruko više ailantona od ekstrakta stabljike i gotovo trostruko više od ekstrakta lista (tablica 35.). Koncentracije ailantona iznose 0,35 mg/ml (korijen), 0,15 mg/ml (stabljika) i 0,12 mg/ml (list). Koncentracija ailantona u ekstraktu čitave biljke je u skladu s utvrđenim vrijednostima po pojedinim organima pajasena i iznosi 0,19 mg/ml. Zbog specifičnosti istraživanja, nisu dostupni radovi drugih autora o koncentraciji ailantona u ekstraktima dijelova pajasena pa ćemo rezultate usporediti s dostupnom literaturom slične tematike.

Postignuti rezultati nisu u skladu sa zaključcima brojnih autora koji navode list kao najvažniji izvor alelokemikalija kod većine biljnih vrsta (Rice (1974. cit. Narwal, 1994), Reinhardt i sur. (2004), Xuan i sur. (2004), Novak (2007), Simić i Uludag (2007), Sisodia i Siddiqui (2010), Tanveer i sur. (2010), Vrchotová i Šerá (2008)). U istraživanjima autora Kim i sur. (2005) i Šćepanović i sur. (2007) ekstraktima nadzemnog dijela donor vrsta utvrđen je jači inhibitorni učinak od ekstrakata ekstrakte korijena. Suprotno navedenim autorima, a u skladu s postignutim rezultatima u ovom istraživanju, Bendall (1975), Steenhagen i Zimdal (1979) i Kazinczi i sur. (2004b) navode korijen kao dio biljke s

najvišom koncentracijom alelokemikalija. Važno je istaknuti da navedeni autori u svojim navodima podrazumijevaju skupine alelokemikalija, a ailanton je samo jedna od alelokemikalija iz skupine kvazinoida za koju je utvrđeno da je odgovorna za toksično djelovanje pajasena (Heisey (1996), Heisey (1997), De Feo i sur. (2003)). Još su neki autori identificirali potentne alelokemikalije u korijenu biljaka (Zhakharenko i Arefeva (1998. cit. Kazinczi i sur. 2001a), Bais i sur. (2003)) što je usporedivo s postignutim rezultatima.

Heisey (1990b) je dokazao visok stupanj toksičnosti kore korijena pajasena. Isti autor (Heisey (1990a) i Heisey (1997)) smatra da je najveća koncentracija potentnih alelokemikalija pajasena u kori, posebno kori korijena, slijede listovi, a najmanja u drvu (stabljici). Našim istraživanjem korijen je potvrđen kao najveći izvor alelokemikalija dok su list i stabljika zamijenili mjesta jer, kako je rečeno, na sadržaj i koncentraciju alelokemiklija utječu mnogi čimbenici (starost biljke, doba godine, doba dana, vremenske prilike, stres i dr.).

6. ZAKLJUČCI

Na osnovi provedenih istraživanja mogu se donijeti slijedeći zaključci:

1. Ekstrakti svih invazivnih alohtonih korovnih vrsta uključenih u istraživanje (europski mračnjak - *Abutilon theophrasti*, pajasen - *Ailanthus altissima*, ambrozija - *Ambrosia artemisiifolia* , amorfa - *Amorpha fruticosa* , bijeli kužnjak - *Datura stramonium* , japanski dvornik - *Reynoutria japonica* , velika zlatnica - *Solidago gigantea* i dikica - *Xanthium strumarium*) iskazuju inhibitorno alelopatsko djelovanje na početni razvoj test-vrsta uljane repice, suncokreta i zobi.

2. Alelopatski utjecaj na klijavost je manje izražen od utjecaja na duljinu korjenčića i duljinu klice test-vrsta. Inhibirajuće djelovanje na klijavost iskazao je samo ekstrakt pajasena primijenjen na test-vrstu uljanu repicu.

3. Alelopatska djelovanja su različitih intenziteta ovisno o donor vrsti i test-vrsti.

4. Višegodišnje korovne vrste uključene u istraživanje iskazuju jači alelopatski potencijal od jednogodišnjih.

5. Pajasen je vrsta najjačeg alelopatskog potencijala. Nakon pajasena slijede bijeli kužnjak, amorfa, velika zlatnica, ambrozija, japanski dvornik. Najmanji alelopatski potencijal utvrđen je kod jednogodišnjih vrsta europski mračnjak i dikica.

6. Najosjetljivija test-vrsta je uljana repica. Slijedi zob pa suncokret.

7. Zasebni ekstrakti korijena, stabljike, lista i čitave biljke pajasena iskazuju na uljanu repicu inhibitorna alelopatska djelovanja različitog intenziteta.

8. Intenzitet alelopatskog djelovanja ekstrakata pajasena ovisi o načinu primjene ekstrakta.

9. Najjača djelovanja utvrđena su primjenom ekstrakata pajasena na sjeme, zatim primjenom na list (prskanjem), a najmanja primjenom na korijen (zalijevanjem) uljane repice.

10. Istraživani ekstrakti pajasena ne iskazuju translokacijsko djelovanje. Simptomi fitotoksičnosti utvrđeni su samo na listovima koji su zatečeni u vrijeme aplikacije.

11. Neovisno o načinu primjene, najjača djelovanja utvrđena su ekstraktima korijena pajasena.

12. Pajasen sadrži alelokemikalije u svim istraživanim organima. Najveći izvor potentnih alelokemikalija je korijen.

13. Koncentracija ailantona najveća je u ekstraktima korijena pajasena, zatim u ekstraktima stabljike te lista.

7. POPIS LITERATURE

1. Abhilasha D., Quintana N., Vivanco J., Joshi J. (2008). Do allelopathic compounds in invasive *Solidago canadensis* s.l. restrain the native European flora? Journal of Ecology 96 (5): 993-1001.

2. Ammann K., Jacot Y., Rufener Al Mazyad P. (2000). Weediness in the light of new transgenic crops and their potential hybrids. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz XVII, Zbornik radova 20th German Conference on Weed Biology and Weed Control, 14.-16.03.2000, Stuttgart-Hohenheim, Njemačka, str. 19-29.

3. Aziz A., Tanveer A., Ali A., Yasin M., Babar B.H., Nadeem M.A. (2008). Allelopathic effects of cleavers (*Galium aparine*) on germination and early growth of wheat. Allelopathy Journal 22: 25-34.

4. Bais H.P., Vepachedu R., Gilroy, S., Callaway R.M., Vivanco J.M. (2003). Allelopathy and Exotic Plant Invasion: From Molecules and Genes to Species Interactions. Science 301: 1377-1380.

5. Barić K., Ostojić Z. (2000). Zaštita strnih žitarica od korova. Gospodarski list 3: 44-45.

6. Barić K., Ostojić Z., Galzina N., Šćepanović M., Goršić M., Flegar Z. (2007). Rasprostranjenost vrste *Ambrosia artemisiifolia* L. u Republici Hrvatskoj. Knjiga sažetaka 2. hrvatskog botaničkog kongresa s međunarodnim sudjelovanjem, 20-22.09.2007., Zagreb, Hrvatska, str. 73-74.

7. Bashtanova U.B., Beckett K. P., Flowers T. J. (2009). Review: Physiological Approaches to the Improvement of Chemical Control of Japanese Knotweed (*Fallopia japonica*). Weed Science 57: 584-592.

8. Batish D.R., Singh H. P. , Kaur S., Arora V. , Kohli R. K. (2004). Allelopathic interference of residues of *Ageratum conyzoides*. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz XIX, Zbornik radova 22nd German Conference on Weed Biology and Weed Control, 02.-04.03.2004, Stuttgart-Hohenheim, Njemačka, str. 293-299.

9. Bendall G. M. (1975). The allelopathic activity of Californian thistle (*Cirsium arvense* (L.) Scop) in Tasmania. Weed Research 15: 77-81.

10. Benvenuti S., Macchia M., Stefani A. (1994). Effects of shade on reproduction and some morphological characteristic of *Abutilon theophrasti* Medicus, *Datura stramonium* L. and *Sorghum halepense* L. Pers. Weed research 34 (4): 283-288.

11. Beres I., Kazinczi G., Narwal S.S. (2002). Allelopathic plants. 4. Common ragweed (*Ambrosia elatior* L. Syn *A. artemisiifolia*). Allelopathy Journal 9 (1): 27-34.

12. Bhowmik P.C., Doll J.D. (1982). Corn and soybean response to allelopathic effects of weed and crop residues. Agronomy Journal 74 (4): 601 – 606.

13. Bohren C., Mermillod G., De Joffrey J.-P., Delabays N. (2004). Allelopathie auf dem Feld: Artemisinin von *Artemisia annua* als Herbizid in verschiedenen Ackerkulturen. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz XIX, Zbornik radova 22nd German Conference on Weed Biology and Weed Control, 02.-04.03.2004, Stuttgart-Hohenheim, Njemačka, str. 263-270.

14. Boršić I., Milović M., Dujmović I., Bogdanović S., Cigić P., Rešetnik I., Nikolić T., Mitić B. (2008). Preliminary check-list of invasive alien plant species (IAS) in Croatia, Natura Croatica 17 (2): 55-71.

15. Bortniak M., Jezierska-Domaradzka A., Domaradzki K., Trajdos J. (2011). Evaluation of *Solidago gigantea* Aiton allelopathic influence on seed germination of winter oilseed rape and winter cereals. Knjiga sažetaka 3rd International Symposium on Weeds and Invasive Plants, 02.-07.10.2011., Ascona, Švicarska, str. 25.

16. Bruckner D.J. (1998). The allelopathic effect of ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) on the germination of cultivated plants. Növénytermeles 47 (6): 635-644.

17. Callaway R.M., Ridenour W. M. (2004). Novel weapons: invasive success and the evolution of increased competitive ability. Frontiers in Ecology and the Environment 2 (8): 436–443.

18. Choi B.S., Song D.Y., Kim C.G., Song B.H., Woo S.H., Lee C.W. (2010). Allelopathic Effects of Common Ragweed (*Ambrosia artemisifolia* var. elatior) on the Germination and Seedling Growth of Crops and Weeds. Korean Journal of Weed Science 30 (1): 34-42.

19. Chon S.-U., Nelson C. J. (2010). Allelopathy in Compositae plants. A review. Agronomy for Sustainable Development 30 (2): 349–358.

20. Chou C.-H. (1999). Methodologies for Allelopathic Research: from Fields to Laboratory. U: Recent Advances in Allelopathy. A Science for the Future (ur.

Macías F. A., Galindo J. C. G., Molinillo J. M. G., Cutler H. G.), Servicio de publicaciones-Universidad de Cádiz, Španjolska, str. 3-24.

21. Coble H.D. (2008). Common ragweed: distribution, biology and management in the USA, knjiga sažetaka 2nd International Symposium „Intractable weeds and plant invaders“, 14.-18.09.2008., Osijek, Hrvatska, str. 21.

22. Colton C. E., Einhellig F. A.(1980). Allelopathic Mechanisms of Velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medic., Malvaceae) on Soybean. American Journal of Botany 67 (10): 1407-1413.

23. Copping L. G. (2009). The Manual of Biocontrol Agents. Fourth Edition of The BioPesticide Manual, British Crop Production Council, Hampshire.

24. Cornes D. (2005). Callisto: a very successful maize herbicide inspired by allelochemistry. Zbornik radova 4th World Congress on Allelopathy, 21.-26.08.2005., Wagga Wagga, New South Wales, Australija, str. 569-572.

25. Council of Europe (2007). The Bern Convention (Convention on the conservation of European wildlife and natural habitats, Bern, 1979). Council of Europe Biodiversity Unit, Question and Answers, No 9., Strasbourg, Francuska.

26. Csiszár Á. (2009). Allelopathic Effects of Invasive Woody Plant Species in Hungary. Acta Silvatica et Lignaria Hungarica 5: 9-17.

27. Csiszár Á., Korda M., Schmidt D., Šporčić D., Teleki B., Tiborcz V., Zagyvai G., Bartha D. (2012). Study on Allelopathic Potential of Some Invasive and Potentially Invasive Neophytes. Zbornik radova International Scientific Conference on Sustainable Development & Ecological Footprint, 26.-27.03.2012, Sopron, Hungary, str. 1-6.

28. Csiszár Á., Korda M., Schmidt D., Šporčić D., Teleki B., Tiborcz V., Zagyvai G., Bartha D. (2013). Allelopathic potential of some invasive plant species occurring in Hungary. Allelopathy Journal 31(2): 309-318.

29. 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.

30. Dekker J., Meggitt W. F. (1983). Interference between velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medic.) and soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) I. Growth. Weed Research 23: 91-101.

31. Domac R. (1994). Flora Hrvatske – priručnik za određivanje bilja. Školska knjiga, Zagreb.

32. Dujmović Purgar D. (2006). Korovna flora Plešivičkog prigorja. Magistarski rad, Agronomski fakultet u Zagrebu, Zagreb.

33. Dujmović Purgar D., Ostojić Z. (2009). Invazivne vrste i njihov značaj u Republici Hrvatskoj. Knjiga sažetaka 53. seminara biljne zaštite, 10.-13.02.2009., Opatija, Hrvatska, str. 20.

34. Dujmović Purgar D. (2010). Korovna flora vrtova Plešivičkog prigorja (SZ Hrvatska). Agronomski glasnik 2-3: 111-124.

35. EPPO (2014): EPPO standard PP1/135(4). Phytotoxicity assessment. EPPO Bulletin 44 (3): 265–273.

36. EU (2014): Uredba (EU) br. 1143/2014 Europskog parlamenta i vijeća od 22. listopada 2014. o sprječavanju i upravljanju unošenja i širenja invazivnih stranih vrsta. Službeni list Europske unije L 317/35, 4.11.2014.

37. EWRS (2004). *Abutilon theophrasti* MEDIC. Newsletter Nº 89.

38. Farooq M., Jabran K., Cheema Z. A., Wahid A., Siddique K.H.M. (2011). The role of allelopathy in agricultural pest management. Pest Management Science 67 (5): 493–506.

39. Ferguson J. J., Rathinasabapathi B. (2003). Allelopathy: How Plants Suppress Other Plants. University of Florida, Horticultural Sciences Department, HS944.

40. Fisjunov A. V. (1984). Sornjie rasteni, Kolos, Moskva.

41. Flegar Z., Novak N. (2006). Europski mračnjak – rasprostranjenost, štetnost i mogućnosti suzbijanja. Knjiga sažetaka 50. seminara biljne zaštite, 07.-10.02.2006., Opatija, Hrvatska, str. 56-57.

42. Gajić D., Malenčić S., Djukić D., Pandurović M. (1973). Identification of the effects of bioregulators originating from *Agrostema Githago* upon the weight gain of pigs, with special respect to Zoostemin. Fragmenta herbologica Jugoslavica XXII: 1-10.

43. Galzina N., Barić K., Šćepanović M., Goršić M., Novak N. (2008). Replacement of atrazine with enviroment friendly pre-emergence herbicides. Cereal research communications 36 (S5): 1635-1638.

44. Galzina N., Barić K., Šćepanović M., Goršić M., Ostojić Z. (2010a). Distribution of Invasive Weed *Ambrosia artemisiifolia* L. in Croatia. Agriculturae conspectus scientificus 75 (2): 75-81.

45. Galzina N., Flegar Z., Ostojić Z., Lodeta V. (2010b). Dinamika širenja ambrozije od 1969. do 2009. godine. Knjiga sažetaka 54. seminara biljne zaštite, 10.-12.02.2010., Opatija, Hrvatska, str. 9-10.

46. Galzina N., Barić K., Šćepanović M., Goršić M., Ostojić Z. (2010c). Impact of Common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) on weed flora of row crops during last four decades in Croatia. Novenyterm 59 (4): 413-416.

47. Gómez-Aparicio L., Canham C. D. (2008). Neighbourhood analyses of the allelopathic effects of the invasive tree *Ailanthus altissima* in temperate forests. Journal of Ecology 96 (3): 447-458.

48. Grad Zagreb (2005). Ambrozija. Gradski ured za zdravstvo, rad i socijalnu skrb.

49. Gressel J. B., Holm L. G. (1964). Chemical inhibition of crop germination by weed seeds and the nature of inhibition by *Abutilon theophrasti*. Weed Research 4: 44-53.

50. Hanf M. (1982). Ackerunkräuter Europas mit ihren Keimlingen und Samen. BASF Aktiengesellschaft, Ludwigshafen.

51. Heisey R. M. (1990a). Allelopathic and herbicidal effects of extracts from tree of heaven (*Ailanthus altissima*). American Journal of Botany 77 (5): 662-670.

52. Heisey R. M. (1990b). Evidence for allelopathy by tree of heaven (*Ailanthus altissima*). Journal of Chemical Ecology 16 (6): 2039-2055.

53. 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.

54. Heisey R. M. (1997). Allelopathy and the Secret Life of *Ailanthus altissima*. Arnoldia 57 (3): 28-36.

55. 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.

56. Hodisan N., Morar G., Neag C. M. (2009). Research on the Allelophatic Effect Between the Invasive Species *Ambrosia artemisiifolia* L. (“Floarea Pustei”) and

Some Agricultural Crops. Bulletin of the University of Agricultural Sciences & Veterinary 66 (1): 554-563.

57. Holec J., Soukup J., Jursik M., Hamouz P. (2004). Invasive weed species on arable land in the Czech Republic. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz XIX, Zbornik radova 22nd German Conference on Weed Biology and Weed Control, 02.-04.03.2004, Stuttgart-Hohenheim, Njemačka, str. 231-236.

58. Hulina N. (1993). Značenje korova za širenje biljnih bolesti. Agronomski glasnik 4-5: 371-378.

59. Hulina N. (1994). Korovi – domaćini štetnih kukaca i nematoda. Agronomski glasnik 5-6: 471-475.

60. Hulina N. (1998). Korovi. Školska knjiga, Zagreb.

61. Hulina N. (2000). Verbreitung und Biologie von *Abutilon theophrasti* Med. in Kroatien. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz XVII, Zbornik radova 20th German Conference on Weed Biology and Weed Control, 14.-16.03.2000, Stuttgart-Hohenheim, Njemačka, str. 153-158.

62. Idžojtić M., Zebec M. (2006). Rasprostranjenost pajasena (*Ailanthus altissima* /Mill./ Swinge) i širenje invazivnih drvenastih neofita u Hrvatskoj. Glasnik za šumske pokuse, posebno izdanje 5: 315-323.

63. Idžojtić M., Poljak I., Zebec M., Perić S. (2009). Biološka svojstva, morfološka obilježja i ekološki zahtjevi čivitnjače (*Amorpha fruticosa* L.). Knjiga sažetaka znanstvenog simpozija s međunarodnim sudjelovanjem Biološko-ekološke i energetske značajke amorfe (*Amorpha fruticosa* L.) u Hrvatskoj, 12.03.2009., Zagreb, Hrvatska, str. 13.

64. Inam B., Hussain F., Farhat B. (1987). Allelopathic effects of Pakistani weeds: *Xanthium strumarium* L. Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research 30: 530– 533.

65. Inderjit, Dakshini K. M. M. (1999). Influence of Allelopathy in Annual and Perennial Cropland Weeds: an Example. U: Recent Advances in Allelopathy. A Science for the Future (ur. Macías F. A., Galindo J. C. G., Molinillo J. M. G., Cutler H. G.), Servicio de publicaciones-Universidad de Cádiz, Cádiz, str. 263-268.

66. Inoue M., Nishimura H., Li H.-H., Mizutani J. (1992). Allelochemicals from *Polygonum sachalinense* Fr. Schm. (Polygonaceae). Journal of Chemical Ecology 18 (10): 1833–1840.

67. Jalal M., Moosavinasab M., Saffari M. (2013). Allelopathic effect of aqueous extract of *Xanthium strumarium* L. on germination characteristics and seedling growth of *Zea maize* L. International Journal of Agriculture: Research and Review 3 (2): 223-227.

68. Janjić V., Stojanović D., Trifunović M. (1982). Prilog proučavanju sastava preparata agrostemina i sirovina koje se koriste za njegovu proizvodnju. Fragmenta herbologica Jugoslavica 11 (2): 77-87.

69. Kadioglu I. (2004). Effects of hearleaf cocklebur (*Xanthium strumarium* L.) extract on some crops and weeds. Asian Journal of Plant Sciences 3: 696–700.

70. Kazinczi G., Beres I., Narwal S. S. (2001a). Allelopathic plants. 1. Canada thistle (*Cirsium arvense* (L.) Scop). Allelopathy Journal 8 (2): 29-40.

71. Kazinczi G., Beres I., Narwal S. S. (2001b). Allelopathic plants. 3. Velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medic.). Allelopathy Journal 8 (2): 179-188.

72. Kazinczi G., Beres I., Horvath A.P. (2004a). Sunflower (*Helianthus annuus*) as recipient species in allelopathic research. Herbologija 5 (2): 1-9.

73. Kazinczi G., Béres I., Mikulás J., Nádasy E. (2004b). Allelopathic effect of *Cirsium arvense* and *Asclepias syriaca*. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz XIX, Zbornik radova 22nd German Conference on Weed Biology and Weed Control, 02.-04.03.2004, Stuttgart-Hohenheim, Njemačka, str. 301-308.

74. Kazinczi G., Pál-fám F., Nádasy E., Takács A., Horváth J. (2013). Allelopathy of some important weeds in Hungary. Zbornik predavanj in referatov 11. Slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin z mednarodno udeležbo, 05.–06.03.2013, Bled, Slovenija, str. 410-415.

75. Kim S. Y., Madrid A. V., Park S. T., Yang S. J., Olofsdotter M. (2005). Evaluation of rice allelopathy in hydroponics. Weed research 45 (1): 74-79.

76. Knežević M. (2006). Atlas korovne, ruderalne i travnjačke flore. Treće, izmijenjeno i dopunjeno izdanje, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.

77. Konstantinović B., Meseldžija M., Blagojević M., Samardžić N., Konstantinović B. (2012). Alelopatski uticaj korovskih vrsta *Amarthus retroflexus* L. i *Abutilon theophrasti* Med. na klijanje semena kukuruza i soje. Knjiga sažetaka XIV. Simpozijuma o zaštiti bilja i IX. Kongresa o korovima, Zlatibor, Srbija, 26.-30.11. 2012., str. 132 – 133.

78. Konstantinović B., Blagojević M., Samardžić N., Konstantinović B. (2013). Allelopathic effects of *Xanthium strumarium* L. and *Abutilon theophrasti* Med. extracts on germination of maize and soybean seed. Zbornik radova Fourth International Agronomic Symposium Agrosym 2013, 03.-06.10.2013., Jahorina, Bosna i Hercegovina, str. 630-635.

79. Kontrec M. (2005). Zagreb bez ambrozije. Zagreb zdravi grad, revija za promociju zdravog života 23: 8.

80. Kovačević J. (1976). Korovi u poljoprivredi. Nakladni zavod znanje, Zagreb.

81. Kovačević J. (1979). Poljoprivredna fitocenologija. II izdanje, SNL, Zagreb.

82. Kovačić S., Nikolić T., Ruščić M., Milović M., Stamenković V., Mihelj D., Jasprica N., Bogdanović S., Topić J. (2008). Flora jadranske obale i otoka, 250 najčešćih vrsta. Školska knjiga, Prirodoslovno-matematički fakultet u Zagrebu, Zagreb.

83. 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.

84. Lešnik M. (1999). Ekološke in fitocenološke razmere tekmovalnega odnosa med plevelom baršunasti oslez (*Abutilon theophrasti* Med.) in poljščinami v Sloveniji in možnosti za njegovo zatiranje. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet u Ljubljani, Ljubljana.

85. Liović B. (2009). Obnova šuma hrasta lužnjaka u uvjetima zakorovljenja čivitnjačom (*Amorpha fruticosa* L.). Knjiga sažetaka znanstvenog simpozija s međunarodnim sudjelovanjem Biološko-ekološke i energetske značajke amorfe (*Amorpha fruticosa* L.) u Hrvatskoj, 12.03.2009., Zagreb, Hrvatska, str. 14.

86. Lodeta V., Barić K., Ostojić Z. (2006). Dikica (*Xanthium strumarium* L) – rasprostranjenost, štetnost i mogućnosti suzbijanja. Knjiga sažetaka 50. seminara biljne zaštite 1 - dodatak, 07.-10.02.2006., Opatija, Hrvatska, str. 57.

87. Lodeta V. (2007). Kompeticijski odnos dikica/suncokret i dikica/soja tijekom početnog razvoja sjemenjaka. Knjiga sažetaka 51. seminara biljne zaštite 1 - dodatak, 06.-09.02.2007., Opatija, Hrvatska, str. 24.

88. Lodeta V., Novak N. (2010). Japanski pridvornik (*Reynoutria japonica* Houtt.) alohtona invazivna vrsta u Hrvatskoj. Program i sažetci priopćenja 54. seminara biljne zaštite, 09.-12.02.2010. , Opatija, Hrvatska, str. 8-9.

89. Lodeta V., Novak N., Kravarščan M. (2010). Tree of heaven (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) – Establishment and invasion in Croatia. Zbornik radova 2nd International Workshop on Invasive Plants int he Mediterranean Type Regions of the World, 02.-06.08. 2010, Trabzon, Turska, str. 350-352.

90. Lovett J. V., Levitt J., Duffield A. M., Smith N. G. (1981). Allelopathic potential of *Datura stramonium* L. (Thorn-apple). Weed Research 21 (3-4): 165-170.

91. Lovrić I., Hace D., Vagner D. (2009). Amorfa kao gospodarski problem u nizinskim šumama Uprave Šuma Podružnice Zagreb. Knjiga sažetaka znanstvenog simpozija s međunarodnim sudjelovanjem Biološko-ekološke i energetske značajke amorfe (*Amorpha fruticosa* L.) u Hrvatskoj, 12.03.2009., Zagreb, Hrvatska, str. 28.

92. Malidža G., Vrbničanin S. (2007). Ekonomski značajne i invazivne korovske vrste: problemi i specifičnosti sa aspekta zaštite bilja. XIII Simpozijum sa savetovanjem o zaštiti bilja, Zbornik rezimea, 26.-30.11.2007., Zlatibor, Srbija, str. 13-14.

93. Milović M., Mitić B., Alegro A. (2010). New neophytes in the flora of Croatia. Natura Croatica. 19 (2): 407-431.

94. Motard E., Muratet A., Clair-Maczulajtys D., Machon N. (2011). Does the invasive species *Ailanthus altissima* threaten floristic diversity of temperate peri-urban forests? Comptes Rendus Biologies 334: 872-879.

95. Muminović Š. (1987). Alelopatski uticaj ekstrakta nekih vrsta korova na klijavost sjemena usjeva. Fragmenta herbologica Jugoslavica 16 (1-2): 317-324.

96. Narodne novine (2007). Naredba o poduzimanju mjera obveznog uklanjanja ambrozije – *Ambrosia artemisiifolia* L. Narodne novine 72/07, Zagreb.

97. Narwal S. S. (2001). Prof. E. L. Rice: A tribute and some reminiscences. Allelopathy Journal 8 (1): 3-10.

98. Narwal, S. S. (2004). Allelopathy in Crop Production, Scientific Publishers, Jodhpur.

99. Narwal S.S., Palaniraj R., Sati S. C. (2005). Role of allelopathy in crop production. Herbologia 6 (2), 1-66.

100. Nikitin V. V. (1983). Sornjie rasteni flor SSSR. Nauka, Leningrad.

101. Nikolić T. (2007). Upute za upotrebu web sučelja baze podataka Flora Croatica, Ver. 2.0., radna verzija, Botanički Zavod, Prirodoslovno-matematički fakultet u Zagrebu, Zagreb.

102. Nikolić T., Mitić B., Boršić I. (2014). Flora Hrvatske, invazivne biljke. Alfa d.d., Zagreb.

103. Norby R. J., Kozlowski T. T. (1980). Allelopathic potential of ground cover species on *Pinus resinosa* seedlings. Plant and Soil 57: 363-374.

104. Novak N. (2007). Alelopatski utjecaj europskog mračnjaka (*Abutilon theophrasti* Med.) na neke poljoprivredne kulture. Magistarski rad, Agronomski fakultet u Zagrebu, Zagreb.

105. Novak N. (2008). Uloga fenomena alelopatije u zaštiti bilja. Glasilo biljne zaštite 4: 251-255.

106. Novak N., Lodeta V., Sušić G., Radek V. (2009). Tree of heaven (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) – Invasive Alien Species in Croatia. Knjiga sažetaka World conference on biological invasions and ecosystem functioning, 27.-30.10.2009, Porto, Portugal, str.135.

107. Novak N., Lodeta V. (2010). Velika zlatnica (*Solidago gigantea* Ait.) – alohtona korovna vrsta u Hrvatskoj. Knjiga sažetaka 54. seminara biljne zaštite, 09.-12.02.2010., Opatija, Hrvatska, str. 7-8.

108. Novak N., Lodeta V., Kravarščan M. (2010). Japanese knotweed (*Fallopia japonica* (Houtt.) Ronse Decr.) – colonization in Croatia. Knjiga sažetaka AFPP – Twenty-first Columa Conference, International Meeting on Weed Control, 08.-09.12.2010, Dijon, Francuska, str. 58.

109. Novak N., Kravarščan M. (2011). Invazivne strane korovne vrste u Republici Hrvatskoj. Hrvatski centar za poljoprivredu, hranu i selo, Zagreb.

110. Novak N., Lodeta V., Kravarščan M. (2011). Invazivne strane korovne vrste u Hrvatskoj. Knjiga sažetaka 55. seminara biljne zaštite, 11.-13.02.2011., Opatija, Hrvatska, str. 35.

111. Novak N., Kravarščan M. (2013). Pajasen (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) - invazivne biljna vrsta u Hrvatskoj. Knjiga sažetaka 57. seminara biljne zaštite, 12.-15.02.2013., Opatija, Hrvatska, str. 56-57.

112. Novak N., Kravarščan M. (2014). Pajasen (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) – strana invazivna biljna vrsta u Hrvatskoj. Glasilo biljne zaštite 3: 254-261.

113. Novak N., Novak M. (2015). Invazivne strane korovne vrste kao prijetnja zaštićenim područjima. Knjiga sažetaka znanstveno-stručnog skupa Vizija i izazovi upravljanja zaštićenim područjima prirode u Republici Hrvatskoj, aktivna zaštita i održivo upravljanje u nacionalnom parku „Krka“, 28.09.–03.10.2015., Šibenik, Hrvatska, str. 105-106.

114. Novak M., Novak N. (2016). Rezultati monitoringa invazivne strane vrste pajasen (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) u Republici Hrvatskoj. Knjiga sažetaka 51. hrvatskog i 11. međunarodnog simpozija agronoma, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, 15.-18.02.2016., Opatija, Hrvatska, str. 20.

115. Ostojić Z. , Barić K. (1998). Zaštita kukuruza od korova. Gospodarski list 7: 45-52.

116. Pacanoski Z., Velkoska V., Štefan T., Vereš T. (2014). Allelopathic potential of Jimsonweed (*Datura stramonium* L.) on the early growth of maize (*Zea mays* L.) and sunflower (*Helianthus annuus* L.). Journal of Central European Agriculture 15 (3): 198-208.

117. Park K. W., Choi S. H., Ahn J. Y., Sohn Y. G., Kim C.-Gi, Lee J. J. (2011). Herbicidal action of clove oil on cucumber seedlings. Weed Biology and Management 11 (4): 235-240.

118. Pavićević M. (2013). Alelopatsko djelovanje ekstrakta listova običnog oraha i nekih invazivnih biljnih vrsta na klijanje pšenice (*Triticum aestivum* L.) i gorušice (*Sinapis alba* L.). Diplomski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet u Zagrebu, Zagreb.

119. Pedersini C., Berganin M., Aroulmoji V., Baldini S., Picchio R., Gutierrez Pesce P., Ballarin L., Murano E. (2011). Herbicide Activity of Extracts from *Ailanthus altissima* (Simaroubaceae). Natural Product Communications 6 (5): 593-596.

120. Peharda A. (2015). Alelopatski utjecaj invazivne vrste velike zlatnice (*Solidago gigantea* Ait.) na pšenicu i bezmirisnu kamilicu. Završni rad, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.

121. Pisula N., Meiners S. J. (2010a). Allelopathic Effects of Goldenrod Species on Turnover in Successional Communities. The American Midland Naturalist Journal 163: 161–172.

122. Pisula N. L., Meiners S. J. (2010b). Relative allelopathic potential of invasive plant species in a young disturbed woodland. Journal of the Torrey Botanical Society 137 (1): 81-87.

123. Quasem J. R., Foy C. L. (2001). Weed Allelopathy, Its Ecological Impacts and Future Prospects: A Rewiew. U: Allelopathy in Agroecosystems (ur. Kohli R. K., Singh H. P., Batish D. R.), Food Products Press, New York, str. 43-119.

124. Rašić S. (2012). Ambrozija (*Ambrosia artemisiifolia* L.) – agronomski i javno-zdravstveni problem na području Baranje. Sažeci doktorskih disertacija, Poljoprivreda 18 (1): 65-75.

125. Reinhardt C. F., Khalil S., Bezuidenhout S. (1999). Bioassay Tehniques in Assessing the Allelopathic Effects of Weeds on Crop and Plantation Species. U: Recent Advances in Allelopathy. A Science for the Future (ur. Macías F. A., Galindo J. C. G., Molinillo J. M. G., Cutler H. G.), Servicio de publicaciones-Universidad de Cádiz, Cádiz, str. 29-46.

126. Reinhardt C, Kraus S., Walker F., Foxcroft L., Robbertse P., Hurle K. (2004). The allelochemical parthenin is sequestered at high level in capitate-sessile trichomes on leaf surfaces of Parthenium hysterophorus. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz XIX, Zbornik radova 22nd German Conference on Weed Biology and Weed Control, 02.-04.03.2004, Stuttgart-Hohenheim, Njemačka, str. 253-261.

127. Rice E. L. (1984). Allelopathy. Second Edition, Academic Press Inc., Orlando, Florida.

128. Schlosser J.C., Farkaš-Vukotinović L. (1869). Flora Croatica, Zagrabiae.

129. Sekutowski T.R., Bortniak M., Domaradzki K. (2012). Assessment of allelopathic potential of invasive plants – goldenrod (*Solidago gigantea*) on buckwheat (*Fagopyrum sagittatum*) and sunflower (*Helianthus annuus*). Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering 57(4): 86-91.

130. Shajie E., Saffari M. (2007). Allelopathic effect of Cocklebur (*Xanthium strumarium* L.) on germination and seedling growth of some crops. Allelopathy Journal 19 (2): 501-506.

131. Shajie E., Saffari M. (2009). Allelopathic effects of aqueous and residue of different parts of *Datura stramonium* on canola growth and germination. Pajouhesh and Sazandegi 22: 62-69.

132. Siemens T. J., Blossey B. (2007). An evaluation of mechanisms preventing growth and survival of two native species in invasive Bohemian knotweed (*Fallopia X bohemica*, Polygonaceae). American Journal of Bootany 94 (5): 776-783.

133. Simić M., Uludag A. (2007). Interakcije korov – gajena biljka: kompeticija i alelopatija. Zbornik sažetaka XIII. Simpozijuma sa savetovanjem o zaštiti bilja, 26.-30.11.2007., Zlatibor, Srbija, str. 32-34.

134. Singh H. P., Batish D. R., Kohli R. K. (2001). Allelopathy in Agroecosystems: An Overview. U: Allelopathy in Agroecosystems (ur. Kohli R. K., Singh H. P., Batish D. R.), Food Products Press, New York, str. 1-41.

135. Sisodia S., Siddiqui M.B. (2010). Allelopathic effect by aqueous extracts of different parts of Croton bonplandianum Baill. on some crop and weed plants. Journal of Agricultural Extention and Rural Development 2 (1): 22-28.

136. Sladonja B., Sušek M., Guillermic J. (2015). Review on Invasive Tree of Heaven (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) Conflicting Values: Assessment of Its Ecosystem Services and Potential Biological Threat. Environmental Management 56 (4): 1009-1034.

137. Small C. J., White D. C., Hargbol B. (2010). Allelopathic influences of the invasive *Ailanthus altissima* on a native and a non-native herb. The Journal of the Torrey Botanical Society 137 (4): 366-372.

138. Sterling T. M., Putnam A. R. (1987). Possible Role of Glandural Trichome Exudates in Interference by Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). Weed Science 35: 308-314.

139. Šarić T. (1991). Atlas korova, 100 najvažnijih vrsta korovskih biljaka u Jugoslaviji. Svjetlost, Sarajevo.

140. Šćepanović M., Novak N., Barić K., Ostojić Z., Galzina N., Goršić M. (2007). Alelopatski utjecaj korovnih vrsta *Abutilon theophrasti* Med. i *Datura stramonium* L. na početni razvoj kukuruza. Agronomski glasnik 6: 459-472.

141. Šulek B. (1879). Jugoslavenski imenik bilja, Zagreb.

142. Takács A. P., Horváth J., Mikulás J. (2004). Inhibitory effect of Chelidonium majus extracts. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz XIX, Zbornik radova 22nd German Conference on Weed Biology and Weed Control, 02.-04.03.2004, Stuttgart-Hohenheim, Njemačka, str. 285-292.

143. Tanveer A., Tahir M., Nadeem M.A., Youniss M., Aziz A., Yaseen M. (2008). Allelopathic effects of *Xanthium strumarium* L. on seed germination and seedling growth of crops. Allelopathy Journal 21: 317-328.

144. Tanveer A., Rehman A., Javaid M.M., Abbas R.N., Sibtain M., Ahmad A.U.H., Ibin-i-zamir M.S., Chaudhary K. M., Aziz A. (2010). Allelopathic potential of Euphorbia helioscopia L. against wheat (*Triticum aestivum* L.), chickpea (*Cicer arietinum* L.) and lentil (*Lens culinaris* Medic.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry 34: 75-81.

145. Vidotto F., Tesio F., Ferrero A. (2013). Allelopathic effects of *Ambrosia artemisiifolia* L. in the invasive process. Crop Protection 54: 161–167.

146. Vrbaški M.M., Gajić D., Grujić-Injac B. (1978). Promene u aminokiselinskom sastavu mladih biljaka pšenice tretiranih alantoinom. Fragmenta herbologica Jugoslavica IV: 51-57.

147. Vrchotová N., Šerá B. (2008). Allelopathic properties of knotweed rhizome extracts. Plant Soil and Environment Journal 54 (7): 301–303.

148. Vuković N. (2015). Ekogeografija invazivne flore hrvatske. Doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet u Zagrebu, Zagreb.

149. Weber E. (2005). Invasive Plant Species of the World. Geobotanical Institute, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich.

150. Xuan T.D., Shinkichi T., Hong N.H., Khanh T.D., Min C.I. (2004). Assessment of phytotoxic action of *Ageratum conyzoides* L. (billy goat weed) on weeds. Crop Protection 23: 915-922.

151. You L.X., Wang S.J. (2011). Chemical composition and allelopathic potential of the essential oil from *Datura stramonium* L. Advanced Materials Research 233–235: 2472-2475.

152. Zimdahl R.L. (1999). Fundamentals of weed science. Academic Press, San Diego.

153. Živković T. (2015). Alelopatski utjecaj invazivne vrste velike zlatnice (*Solidago gigantea* Ait.) na usjeve i korove. Diplomski rad, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.

154. http://www.agrostemin.co.rs/onama.php, pristupljeno 05.02.2016.

155. http://www.europe-aliens.org/pdf/Ailanthus_altissima.pdf, pristupljeno 29.01.2016.

156. http://www.europe-aliens.org/pdf/Fallopia_japonica.pdf, pristupljeno 16.03.2016.

157. http://www.europe-aliens.org/speciesTheWorst.doc, pristupljeno 11.03.2016.

158. http://www.nobanis.org/files/factsheets/Fallopia_japonica.pdf, pristupljeno 16.03.2016.

8. ŽIVOTOPIS

Nenad Novak rođen je 24. siječnja 1976. u Zagrebu gdje je 1990. završio osnovnu školu. Srednju školu, VII. gimnaziju, završio je u rodnom gradu 1994. Iste godine upisuje Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, smjer Voćarstvo-vinogradarstvo-vinarstvo. Diplomirao je 17. listopada 2000. pod mentorstvom prof. dr. sc. Nadice Dobričević.

Od 20. svibnja 2002. zaposlen je u Zavodu za zaštitu bilja u poljoprivredi i šumarstvu Republike Hrvatske (ZZB) na radnom mjestu stručnog suradnika – herbologa. Iste godine na matičnom fakultetu upisuje poslijediplomski studij. Magistarski rad naslova „Alelopatski utjecaj europskog mračnjaka (*Abutilon theophrasti* Med.) na neke poljoprivredne kulture“ uspješno je obranio 19. prosinca 2007. pod mentorstvom prof.dr.sc. Zvonimira Ostojića. U ZZB-u radi na biološkom istraživanju herbicidnih sredstava, kao suradnik na projektu ″Izvještajno-prognozni poslovi u Republici Hrvatskoj″, na kojem radi i danas, te ostale poslove iz područja herbologije. ZZB od 1. srpnja 2009. postaje dio Hrvatskog centra za poljoprivredu, hranu i selo (HCPHS).

Tijekom radnog staža radio je kao stručni suradnik, a nekoliko godina i kao koordinator projekta ″Invazivne strane korovne vrste u Republici Hrvatskoj″ koji je, pod pokroviteljstvom Ministarstva poljoprivrede, proveden 2007-2014. Od 2009. do 2012. radio je na ocjenjivanju dokumentacije sredstava za zaštitu bilja iz područja ponašanja u okolišu. Od 2012. radi na ocjenjivanju dokumentacije iz područja učinkovitosti u kojem se specijalizirao za matično područje rada (herbicidna sredstva). Trenutno je zaposlen na radnom mjestu Rukovoditelj laboratorija za herbologiju. Suradnik je na projektu „Pajasen (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle), analiza pojave alohtone invazivne biljne vrste i prijedlog njenog uklanjanja kroz edukaciju lokalnih zajednica“ koji je sufinanciran od Fonda za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost, a HCPHS-ZZB je jedan od partnera na projektu. Član je Međuresorne radne skupine za izradu nacionalnog zakonodavnog i strateškog okvira za invazivne vrste temeljem odredbi Zakona o zaštiti prirode.

Popis objavljenih znanstvenih i stručnih radova te sudjelovanja na skupovima:

Znanstveni radovi:

Novak M., **Novak N.** (2017). Rasprostranjenost invazivne strane vrste pajasena (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) po županijama Republike Hrvatske. Glasilo biljne zaštite 3: 329-337.

Novak N., Kravarščan M. (2014). Pajasen (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) – strana invazivna biljna vrsta u Hrvatskoj. Glasilo biljne zaštite 3: 254-261.

Galzina N., Barić K., Šćepanović M., Goršić M., **Novak N.** (2008). Replacement of atrazine with environment friendly pre-emergence herbicides. Cereal research communications 36: 1635-1638.

Šćepanović M., **Novak N.**, Barić K., Ostojić Z., Galzina N., Goršić M. (2007). Alelopatski utjecaj korovnih vrsta *Abutilon theophrasti* Med. i *Datura stramonium* L. na početni razvoj kukuruza. Agronomski glasnik 6: 459-472.

Stručni radovi:

Novak M., **Novak N.** (2016). Suzbijanje korova u rajčici. Glasilo biljne zaštite 5: 521-523.

Lodeta V., **Novak N.**, Kravarščan M. (2010). Tree of Heaven (*Ailanthus altissima*) – Establishment and invasion in Croatia. Zbornik radova 2nd International Workshop on Invasive Plants in the Mediterranean Type Regions of the World, 02.-06.08.2010., Trabzon, Turska, 350-352.

Novak, N. (2008): Uloga fenomena alelopatije u zaštiti bilja. Glasilo biljne zaštite 4: 251-255.

Sudjelovanja na skupovima:

Novak N., Novak M. (2016). Alelopatski utjecaj invazivnih vrsta *Ambrosia artemisiifolia* L. i *Solidago gigantea* Aiton na rast test-vrsta. Knjiga sažetaka 51. hrvatskog i 11. međunarodnog simpozija agronoma, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, 15. 02. 2016.- 18. 02. 2016., Opatija, Hrvatska, str. 22-23.

Novak M., **Novak N.** (2016). Rezultati monitoringa invazivne strane vrste pajasen (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) u Republici Hrvatskoj. Knjiga sažetaka 51. hrvatskog i 11. međunarodnog simpozija agronoma, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, 15. 02. 2016.- 18. 02. 2016., Opatija, Hrvatska, str. 20-21.

Kožarić-Silov G., **Novak N.** (2016). Širenje invazivnih korova na području Šibensko-kninske županije. Knjiga sažetaka 60. seminara biljne zaštite 1/2 - dodatak, 09.-12.02.2016., Opatija, Hrvatska, str. 62-63.

Novak N., Novak M. (2015). Invazivne strane korovne vrste kao prijetnja zaštićenim područjima. Knjiga sažetaka znanstveno-stručnog skupa Vizija i izazovi upravljanja zaštićenim područjima prirode u Republici Hrvatskoj, aktivna zaštita i održivo upravljanje u nacionalnom parku „Krka“, 28.09.–03.10.2015., Šibenik, Hrvatska, str. 105-106.

Novak N., Kravarščan M. (2013). Pajasen (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) - invazivna biljna vrsta u Hrvatskoj. Knjiga sažetaka 57. seminara biljne zaštite, 12.-15.02.2013., Opatija, Hrvatska, str. 56-57.

Novak N., Lodeta V., Kravarščan M. (2011). Invazivne strane korovne vrste u Hrvatskoj. Knjiga sažetaka 55. seminara biljne zaštite, 11.-13.02.2011., Opatija, Hrvatska, str. 35.

Novak N., Lodeta V., Kravarščan M. (2011). Japanese knotweed (*Fallopia japonica* (Houtt.) Ronse Decr.) – colonization in Croatia. Knjiga sažetaka 21th COLUMA Conference, International Meeting on Weed Control, 08.–09.12.2010., Dijon, Francuska, str. 58.

Šimala M., Masten Milek T., Poje I., Križana, I., Kajić V., Tomić Ž., Budinšćak Ž., Ivić D., Peček G., **Novak N.** (2011). Laboratory infrastructure of Institute for plant protection. Knjiga sažetaka Laboratory Competence 4th International Conference, 12.-15.10.2011., Cavtat-Dubrovnik, Hrvatska, str. 104-105.

Novak N., Lodeta V. (2010). Velika zlatnica - alohtona korovna vrsta u Hrvatskoj. Program i sažetci priopćenja 54. seminara biljne zaštite, 09.-12.02.2010., Opatija, Hrvatska, str. 7-8.

Lodeta V., **Novak N.** (2010). Japanski pridvornik (*Reynoutria japonica* Houtt.) - alohtona invazivna vrsta u Hrvatskoj. Program i sažetci priopćenja 54. seminara biljne zaštite, 09.-12.02.2010., Opatija, Hrvatska, str. 8-9.

Novak N., Lodeta V., Sušić G., Radek V. (2009). Tree of Heaven (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle): Invasive alien species in Croatia. Knjiga sažetaka World Conference on Biological Invasions and Ecosystem Functioning, 27.–30.10. 2009., Porto, Portugal, str. 135.

Lodeta V., **Novak N.**, Danon V., Andrijašević M. (2009). Problem lokvanja na športsko rekreativnom jezeru Jarun u Zagrebu. Knjiga sažetaka 53. seminara biljne zaštite, 10.-13.02.2009., Opatija, Hrvatska, str. 21.

Sušić G., Radek V. , **Novak N.**, Lodeta V. (2009). Eradication of invasive alien species on the Island of Cres, Croatia. Knjiga sažetaka World Conference on Biological Invasions and Ecosystem Functioning, 27.–30.10. 2009., Porto, Portugal, str. 123.

Lodeta V., Somođi I., **Novak N.**, Zrinski, G. (2009). Water pest (*Elodea canadensis* – Michx) as an important ecological and economical problem for the hydropower plant-Varaždin-North in Croatia. Knjiga sažetaka 12th European Weed Research Society Symposium, Aquatic Weeds 2009, 24.-28.08.2009, Jyväskylä, Finska, str. 110-111.

Lodeta V., **Novak N.**, Danon V., Andrijašević M. (2008). Control of Yellow Pond Lily (*Nuphar luteum* (L.) Sm.) in Recreative Lake of Jarun – Zagreb. Knjiga sažetaka 2nd International Symposium Intractable Weeds and Plant Invaders, 14.-18.09.2008., Osijek, Hrvatska, str. 73.

Šćepanović M., **Novak N.**, Barić K., Galzina N. (2007). Alelopatija i alelopatski utjecaj nekih biljnih vrsta na početni razvoj kukuruza i uljane repice. Knjiga sažetaka 51. seminara biljne zaštite, 06.-09.02.2007., Opatija, Hrvatska, str. 23-24.

Flegar Z., **Novak N.** (2006). Europski mračnjak – rasprostranjenost, štetnost i mogućnosti suzbijanja. Knjiga sažetaka 50. seminara biljne zaštite, 07.-10.02.2007., Opatija, Hrvatska, str. 56-57.

Flegar Z., **Novak N.** (2005). Rezultati ispitivanja nekih korovnih vrsta na atrazin. Knjiga sažetaka 49. seminara biljne zaštite, 08.-11.02.2007., Opatija, Hrvatska, str. 122-123.