

# Herbicidni potencijal kanadske zlatošipke (*Solidago canadensis* L.) na Teofrastov mračnjak ( *Abutilo theoprastris* Medik )

---

Bačić, Saša

Master's thesis / Diplomski rad

2024

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:013649>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-07**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical  
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of  
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

**FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK**

Saša Bačić

Diplomski studij Bilinogojstvo

Smjer Biljna proizvodnja

**HERBICIDNI POTENCIJAL KANADSKE ZLATOŠIPKE (*Solidago canadensis* L.)  
NA TEOFRASTOV MRAČNJAK (*Abutilon theophrasti* Medik.)**

Diplomski rad

**Osijek, 2024.**

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

**FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK**

Bačić Saša

Diplomski studij Bilinogojstvo

Smjer Biljna proizvodnja

**HERBICIDNI POTENCIJAL KANADSKE ZLATOŠIPKE (*Solidago canadensis* L.)  
NA TEOFRASTOV MRAČNJAK (*Abutilon theophrasti* Medik.)**

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. prof. dr. sc. Renata Baličević, predsjednik
2. doc. dr. sc. Marija Ravlić, mentor
3. izv. prof. dr. sc. Ankica Sarajlić, član

**Osijek, 2024.**

Sadržaj	
1. UVOD .....	1
1.1. Cilj rada.....	3
2. PREGLED LITERATURE .....	4
3. MATERIJAL I METODE.....	8
3.1. Prikupljanje biljne mase .....	8
3.2. Priprema vodenih ekstrakata .....	8
3.3. Test vrsta .....	9
3.4. Pokus.....	10
3.5. Prikupljanje i statistička obrada podataka .....	10
4. REZULTATI.....	13
4.1. Herbicidni utjecaj vodenih ekstrakata kanadske zlatošipke ( <i>Solidago canadensis</i> L.) na klijavost sjemena Teofrastovog mračnjaka ( <i>Abutilon theophrasti</i> Medik.) .....	13
4.2. Herbicidni utjecaj vodenih ekstrakata kanadske zlatošipke ( <i>Solidago canadensis</i> L.) na duljinu korijena klijanaca Teofrastovog mračnjaka ( <i>Abutilon theophrasti</i> Medik.) .....	15
4.3. Herbicidni utjecaj vodenih ekstrakata kanadske zlatošipke ( <i>Solidago canadensis</i> L.) na duljinu izdanka klijanaca Teofrastovog mračnjaka ( <i>Abutilon theophrasti</i> Medik.).....	17
4.4. Herbicidni utjecaj vodenih ekstrakata kanadske zlatošipke ( <i>Solidago canadensis</i> L.) na svježu masu klijanaca Teofrastovog mračnjaka ( <i>Abutilon theophrasti</i> Medik.).....	19
4.5. Herbicidni utjecaj vodenih ekstrakata kanadske zlatošipke ( <i>Solidago canadensis</i> L.) na suhu masu klijanaca Teofrastovog mračnjaka ( <i>Abutilon theophrasti</i> Medik.) .....	21
5. RASPRAVA .....	23
6. ZAKLJUČAK .....	26
7. POPIS LITERATURE .....	27
8. SAŽETAK.....	32
9. SUMMARY .....	33
10. POPIS SLIKA .....	34
11. POPIS GRAFIKONA .....	35
TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA	
BASIC DOCUMENTATION CARD	

## 1. UVOD

Alelelopatija je biološki fenomen definiran kao indirektni ili direktni, pozitivni ili negativni utjecaj alelokemikalija jedne biljne vrste otpuštenih u okoliš na rast i razvoj druge vrste (Rice, 1984.). Drugim riječima, alelopatija predstavlja fitotoksičnost spoja ili skupine spojeva, koji se oslobađaju iz različitih dijelova biljke, i to korijenovim eksudatima, ispiranjem, isparavanjem (volatizacijom) ili razgradnjom (dekompozicijom) biljnih ostataka, na druge osjetljive biljke (Inderjit i sur., 2006.). Alelokemikalije su prisutne u različitim koncentracijama u svim biljnim dijelovima, korijenu, stabljici, listovima, cvijetu, plodu, kori (Xuan i sur., 2004., Bais i sur., 2006.). Alelopatske interakcije odvijaju se u prirodnim ekosustavima i agroekosustavima. U agroekosustavima, alelopatsko djelovanje moguće je između usjeva, korova, te korova i usjeva (Alam i sur., 2001.). Novija istraživanja alelopatije usmjerena su na primjenu ovog fenomena u zaštiti bilja odnosno suzbijanju štetnih organizama. Biljne vrste s negativnim alelopatskim djelovanjem imaju potencijal primjene kao prirodni herbicidi u plodoredu, kao pokrovni usjevi, malčevi, zelena gnojidba ili različiti ekstrakti (Ravlić, 2015., Scavo i Mauromicale, 2021.). Primjenom alelopatije može se minimizirati potreba za korištenjem kemijskih herbicida čime se smanjuje onečišćenje okoliša, količina rezidua u vodi i hrani te rezistentnost korovnih vrsta (Narwal i Tauro, 2000., Scavo i Mauromicale, 2021.).

Velik broj biljnih vrsta potencijalan je izvor spojeva s herbicidnim djelovanjem. Herbicidno djelovanje kultiviranih i samoniklih aromatičnih i ljekovitih biljnih vrsta, posebice iz porodica štitarki (Apiaceae) i usnača (Lamiaceae), zabilježen je u nekoliko istraživanja (Dhima i sur., 2009., Ravlić, 2015., Ravlić i sur., 2016., Isin Ozkan i sur., 2019., Ravlić i sur., 2023.). U fokusu je i alelopatski potencijal invazivnih biljnih vrsta, primjerice vrsta roda *Solidago*, žljezdastog pajasena (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle), kiselog ruja (*Rhus typhina* L.), ciganskog perja (*Asclepias syriaca* L.) i drugih stranih vrsta (Yuan i sur., 2013., Baličević i sur., 2015., Popov i sur., 2021., Chaves Lobón i sur., 2023., Xu et al., 2023.).

Kanadska zlatošipka (*Solidago canadensis* L.) višegodišnja je biljka iz porodice Asteraceae, koja doseže visinu i preko dva metra (slika 1). Glavni korijen biljke odumire pa pod zemljom stvara podzemnu stabljiku ili podanak. Jednostavna nadzemna stabljika u donjoj je polovici glatka, a u gornjoj hrapava (Rogošić, 2011., Nikolić i sur., 2014.). Stabljika je obrasla brojnim sjedećim listovima koji se pri vrhu smanjuju. Listovi su široki, kopljasti i na rubu oštro pilasti, po rubu i žilama dlakavi, raspoređeni naizmjenično na stabljici (Foster i Hobbs, 2002., Nikolić i sur., 2014.). Cvat u obliku piramidalne metlice nalazi se na vrhu stabljike

koja ima jednostrane cvatove. Glavice su veličine od 3 do 5 mm, unutar kojih su smješteni žuti jezičasti i cjevasti cvjetovi. Jezičasti cvjetovi su ženski te ih u svakoj glavici ima od 10 do 17, dok su cjevasti cvjetovi dvospolni, dužine oko 4 mm. Čaška je preobražena u dlačice, odnosno papus. Ima pet prašnika koji su međusobno srasli sa prašnicama. Plod je dlakava roška s papusom dužine do 1,2 mm. Kanadska zlatošipka (*S. canadensis*) cvjeta od srpnja do listopada. Biljka se razmnožava generativno sjemenom i vegetativno podankom (Domac, 2002., Nikolić i sur., 2014.).



Slika 1. Morfologija cvata kanadske zlatošipke (*S. canadensis*)

(<https://www.plant-images.de/img/8u40tu?l=en> )

Kanadska zlatošipka (*S. canadensis*) podrijetlom je iz Sjeverne Amerike gdje je rasprostranjena čitavim kontinentom. U Europu je unesena 1645. godine u Veliku Britaniju kao ukrasna vrsta, te je danas rasprostranjena po cijeloj Europi i svijetu. U Hrvatskoj je ova vrsta prvi put zabilježena u okolini Zagreba 1950.-ih, a rasprostranjena je po čitavoj kontinentalnoj Hrvatskoj. Kanadska zlatošipka (*S. canadensis*) preferira tla bogata dušikom, pokazatelj je kiselih tala i ne podnosi zasjenjivanje (Nikolić i sur., 2014.). Raste vrlo često na antropogenim staništima kao što su livade, pašnjaci, napuštena gospodarstva, smetlišta, uz ograde i puteve, kanale, dok na prirodnim staništima raste na visokim travnjacima, suhim,

otvorenim staništa, proplancima, uz šume i slično (Šutovská i sur., 2013., Franjić i Škvorc, 2014., Nikolić i sur., 2014., Zandi i sur., 2020.) (slika 2).



Slika 2. Stanište kanadske zlatošipke (*S. canadensis*)

([https://gnps.org/plant/field-goldenrod-solidago-canadensis/solidago-canadensis-10\\_19\\_12-2/](https://gnps.org/plant/field-goldenrod-solidago-canadensis/solidago-canadensis-10_19_12-2/))

Kanadska zlatošipka (*S. canadensis*) izrazito je agresivna vrsta, a nakon uspostavljanja na staništu može smanjiti bioraznolikost vrsta ili potpuno potisnuti autohtone vrste. Invazivnost ove vrste pripisuje se i alelopatskim spojevima koje otpušta u okoliš (Abhilasha i sur., 2008.). Korijenovi eksudati, ekstrakti, eterično ulje i rizosferno tlo kanadske zlatošipke (*S. canadensis*) pokazuju negativno djelovanje na klijavost i rast kako korovnih vrsta tako i usjeva (Yang i sur., 2007., Yuan i sur., 2013., Zandi i sur., 2020., Kato-Noguchi i Kato, 2022., Yang i Li, 2022.).

### 1.1. Cilj rada

Cilj istraživanja bio je u laboratorijski kontroliranim uvjetima utvrditi herbicidni potencijal vodenih ekstrakata pripremljenih od lista i cvijeta kanadske zlatošipke (*S. canadensis*) na klijavost sjemena i rast klijanaca korovne vrste Teofrastov mračnjak (*Abutilon theophrasti* Medik.).

## 2. PREGLED LITERATURE

Alelokemikalije su najčešće sekundarni metaboliti biljaka, spojevi raznolike kemijske strukture. Razlikuju se po koncentraciji i prisutnosti u biljnim tkivima odnosno biljnim dijelovima između biljnih vrsta (Inderjit i Duke, 2003., Isin Ozkan i sur., 2019.). Njihova koncentracija uvelike ovisi o brojnim uvjetima okoliša, biotičkim i abiotičkim čimbenicima, razvojnom stadiju biljke, vremenu vegetacije, geografskoj lokaciji i slično (Đikić i sur., 2008., Appiah i sur., 2022., Ravlić i sur., 2022., Žalac i sur., 2022., Shan i sur., 2023.).

Na osnovi različite strukture i svojstava, alelokemikalije djelimo na:

- a) jednostavne nezasićene laktone,
- b) organske kiseline topive u vodi, nerazgranate alkohole, alifatske aldehide i ketone,
- c) fenole,
- d) dugolančane masne kiseline i poliacetilene,
- e) kvinine (benzokvinon, antrakvinon i složeni kvinini),
- f) cimetnu kiselinu i njene derivate,
- g) flavonoide,
- h) kumarine,
- i) steroide i terpene,
- j) tanine (Li i sur., 2010.).

Prema Yuan i sur. (2013.) vodeni alkoholni ekstrakti podzemnih i nadzemnih dijelova kanadske zlatošipke (*S. canadensis*) negativno su djelovali na klijanje vrste *Kummerowia striata* (Thunb.) Schindl. Rezultati pokusa su pokazali da su jači alelopatski potencijal imali ekstrakti od jedinki prikupljenih u područjima gdje je ova vrsta invazivna u odnosu na područja gdje je autohtona, te alelopatija u velikoj mjeri doprinosi njenoj konkurentnosti. Nadalje, koncentracije glavnih skupina alelokemikalija (ukupni fenoli, ukupni flavoni i ukupni saponini) bile su veće u ekstraktima od jedinki gdje je kanadska zlatošipka (*S. canadensis*) invazivna vrsta.

U pokusu s korijenovim eksudatima kanadske zlatošipke (*S. canadensis*), Yang i Li (2022.) istraživali su njihov utjecaj na početni rast sedam autohtonih i stranih vrsta. Rezultati su pokazali da su korijenovi eksudati imali značajno fitotoksično djelovanje na duljinu korijena, visinu biljke, bazalni promjer te biomasu korijena, stabljike, lista i ukupnu biomasu svih test



vrsta, a stopa inhibicije je ovisila o koncentraciji i test vrsti. Pri višim koncentracijama, zabilježen je jači negativni utjecaj na autohtone u odnosu na strane vrste.

Butcko i Jensen (2002.) testirali su alelopatski potencijal listova i korijena/rizoma kanadske zlatošipke (*S. canadensis*). Vodeni ekstrakti od suhe mase u različitim koncentracijama testirani su na klijavost sjemena i rast korijena rotkvice (*Raphanus sativus* L.) i salate (*Lactuca sativa* L.). Ekstrakti lista značajno su inhibirali klijanje sjemena i rast korijena klijanaca, a ekstrakti korijena/rizoma nisu imali utjecaja na klijavost sjemena.

Alelopatski potencijal isparljivih spojeva, ekstrakata, korijenovih eksudata i razgrađenih biljnih ostataka kanadske zlatošipke (*S. canadensis*) na klijavost i rast pšenice (*Triticum aestivum* L.) i rotkvice (*R. sativus*) proučavali su Zhang i sur. (2014.). Rezultati su pokazali da isparljivi spojevi nisu značajno utjecali, dok su ekstrakti lista i stabljike inhibirali klijavost i parametre rasta test vrsta. Slično, korijenovi eksudati nisu imali alelopatski utjecaj niti na jednu test vrstu, dok su razgrađeni biljni ostatci negativno utjecali na nicanje i rast, posebice pri višim dozama. Iz metanolskog ekstrakta izolirana je alelokemikalija n-heksadekanska kiselina koje je inhibirala rast klijanaca pšenice (*T. aestivum*).

Prema Abhilasha i sur. (2008.) korijenovi eksudati kanadske zlatošipke (*S. canadensis*) inhibirali su značajno rast Talijinog uročnjaka (*Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh.) te potpuno inhibirali svježnu masu pri višim koncentracijama.

Utjecaj ekstrakata nadzemne mase i rizosfernog tla kanadske zlatošipke (*S. canadensis*) na korovne vrste oštrodлакavi šćir (*Amaranthus retroflexus* L.) i ljubičastu svračicu (*Digitaria sanguinalis* (L.) Scop.) proučavali su Yang i sur. (2021.). Ekstrakti nadzemne mase i rizosferenog tla u koncentraciji od 5 g/ml djelovali su negativno na klijavost i rast korovnih vrsta, pri čemu su ekstrakti nadzemne mase imali jači inhibitorski potencijal. Oštrodлакavi šćir (*A. retroflexus*) pokazao se kao manje osjetljiva vrsta u odnosu na ljubičastu svračicu (*D. sanguinalis*). Ukupna količina fenola u nadzemnim dijelovima kanadske zlatošipke (*S. canadensis*) ovisila je razvojnom stadiju. Najviša koncentracija fenola zabilježena je u vegetativnom stadiju (2,9 mg/g do 4,8 mg/g), a najniža u stadiju zriobe (0,5 mg/g do 0,8 mg/g). Ukupni sadržaj fenola u rizosfernom tlu bio je značajno manji u odnosu na nadzemnu masu.

Rezultati pokusa Li i sur. (2013.) su pokazali da vodeni ekstrakti listova *S. canadensis* značajno inhibiraju klijavost sjemena i početni rast klijanaca pšenice (*T. aestivum*) i zelenog muhara (*Setaria viridis* (L.) P.Beauv.). Frakcija n-butanola pokazala je najveći alelopatski

učinak, dok voda zaostala nakon ekstrakcije organskim otapalom nije imala značajan fitotoksični učinak u usporedbi s kontrolnim tretmanom.

Moždzeń i sur. (2020.) proveli su istraživanje kako bi utvrdili utjecaj različitih vodenih ekstrakata od suhe mase lista kanadske zlatošipke (*S. canadensis*) na klijavost sjemena i rast klijanaca tri sorte ('Rowa', 'Póldługa' i 'Krakowianka') rotkvice (*R. sativus* var. *radicula* Pers.). Vodeni ekstrakti pripremljeni su u kipućoj vodi („infusion“), hladnoj vodi + kuhanje („decoction“) te maceracijom. Gotovo svi ekstrakti značajno su smanjili klijavost sjemena rotkvice. Duljina klijanaca u najvećoj je mjeri bila snižena primjenom macerata listova, dok je ekstrakt pripremljen u hladnoj vodi imao u prosjeku najmanje djelovanje. Utvrđena je značajna razlika između sorata rotkvice u njihovoj osjetljivosti na vodene ekstrakte.

Kanadska zlatošipka (*S. canadensis*) ima negativni alelopatski potencijal na klijavost i rast klijanaca crvene djeteline (*Trifolium pratense* L.) navode Zandi i sur. (2020.). Inhibitorni učinak ovisio je o vrsti ekstrakta, a najveće smanjenje klijavosti zabilježeno je s maceratom suhih listova. Duljina klijanaca inhibirana je i do 60 % u odnosu na kontrolni tretman, dok je negativni učinak zabilježen i kod svježje mase klijanaca. Primjena ekstrakata listova kanadske zlatošipke (*S. canadensis*) također je smanjila sadržaj klorofila u klijanacima te uzrokovala povećanje gubitka elektrolita.

U pokusu Sun i sur. (2006.) istraženi su vodeni i etanolski ekstrakti listova, stabljike i rizoma kanadske zlatošipke (*S. canadensis*). Kao test vrste korišteno je sjeme bijelog duda (*Morus alba* L.), ukrasnog slaka (*Pharbitis nil* (L.) Roth), pšenice (*T. aestivum*) i bijele repe (*Brassica campestris* L.). Smanjenje odnosno povećanje klijavosti i rasta klijanaca test vrsta ovisilo je o vrsti ekstrakta, koncentraciji te test vrsti. Viši stupanj inhibicije zabilježen je u tretmanima s etanolskim ekstraktima, posebice ekstraktima lista, u odnosu na vodene ekstrakte.

Baličević i sur. (2015.) istraživali su alelopatski potencijal invazivne biljne vrste velike zlatice (*Solidago gigantea* Ait.) na klijavost i početni rast nekoliko usjeva (mrkva, ječam, korijander) te korovnih vrsta oštrodlakavi šćir (*A. retroflexus*) i Teofrastov mračnjak (*A. theophrasti*). Pokusi su provedeni u laboratorijskim uvjetima gdje su testirane tri koncentracije (1 %, 5 % i 10 %) vodenog ekstrakta od suhe nadzemne mase velike zlatnice (*S. gigantea*) u Petrijevim zdjelicama i posudama s tlom. U Petrijevim zdjelicama, klijavost i rast svih test vrsta bila je snižena i do 60 % u odnosu na kontrolni tretman. Suprotno tome, alelopatski potencijal bio je manje izražen kada su ekstrakti aplicirani u posude s tlom.

Zabilježene su razlike u osjetljivosti među testiranim vrstama, pri čemu se korovna vrsta oštrodlakavi šćir (*A. retroflexus*) pokazala kao najosjetljivija na primijenjene ekstrakte.

Ravlić i sur. (2015.) testirali su vodene ekstrakte od suhe nadzemne mase velike zlatnice (*S. gigantea*). U pokusu su kao test vrste korišteni sjeme pšenice i korovne vrste bezmirisne kamilice (*Tripleurospermum inodorum* (L.) C.H. Schultz). Provedena su dva pokusa s vodenim ekstraktima u različitim koncentracijama (1 %, 5 % i 10 %) u Petrijevim zdjelicama na filter papiru te u posudama sa supstratom. Početni porast klijanaca pšenice te klijavost i rast bezmirisne kamilice (*T. inodorum*) bili su značajno inhibirani u petrijevim zdjelicama. Manji negativni učinak na pšenicu ekstrakti su postigli u pokusu u posudama, dok je nicanje bezmirisne kamilice (*T. inodorum*) značajno sniženo i do 49,0 %.

Bortniak i sur. (2011.) istraživali su alelopatski potencijal vodenih ekstrakata lista i korijena velike zlatnice (*S. gigantea*). Nije utvrđeno inhibitorno djelovanje na klijavost sjemena žitarica pri primijeni ekstrakata korijena, a značajno smanjenje klijavosti i duljine korijena klijanaca zabilježeno je u tretmanima s ekstraktima lista.

Novak i sur. (2018.) proučavali su alelopatski potencijal vodenih ekstrakata velike zlatnice (*S. gigantea*) u laboratorijskim uvjetima te zabilježili redukciju duljine korijena i izdanka klijanaca uljane repice (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) za 72,5 % odnosno 70,5 %, zobi (*Avena sativa* L.) za 53,9 % odnosno 92,8 %, te suncokreta (*Helianthus annuus* L.) za 46,7 % odnosno 30,6 %.

### 3. MATERIJAL I METODE

Pokus je proveden tijekom 2023./2024. godine u Laboratoriju za fitofarmaciju na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti Osijek kako bi se utvrdio herbicidni potencijal lista i cvijeta kanadske zlatošipke (*S. canadensis*) na klijavost sjemena i rast klijanaca korovne vrste Teofrastov mračnjak (*A. theophrasti*).

#### 3.1. Prikupljanje biljne mase

Listovi i cvjetovi kanadske zlatošipke (*S. canadensis*) prikupljeni su u ljeto 2022. godine. Biljni dijelovi osušeni su, samljeveni u sitni prah te čuvani u zamrzivaču do izvedbe pokusa (slika 3).



Slika 3. Suhi biljni materijal lista i cvijeta kanadske zlatošipke (*S. canadensis*) (Bačić, S.)

#### 3.2. Priprema vodenih ekstrakata

Vodeni ekstrakti od suhih listova i cvjetova kanadske zlatošipke (*S. canadensis*) pripremljeni su prema Norsworthy (2003.), uz određene modifikacije. Vodeni ekstrakti pripremljeni su potapanjem 5 g suhog biljnog materijala u 100 ml destilirane vode (slika 4). Dobivene smjese stavljene su na ekstrakciju tijekom 24 sata na sobnoj temperaturi. Nakon ekstrakcije, smjese

su filtrirane kroz muslin pri čemu su uklonjene grube čestice, a zatim kroz filter papir čime su dobiveni vodeni ekstrakti lista i cvijeta u koncentraciji od 5 %. Razrjeđivanjem 5 % vodenih ekstrakata dodavanjem destilirane vode dobiveni su ekstrakti koncentracije 2,5 % i 1 %. Svi ekstrakti su pohranjeni na temperaturi od 4 °C u hladnjaku do izvođenja pokusa.



Slika 4. Priprema vodenih ekstrakata (Bačić, S.)

### 3.3. Test vrsta

Kao test vrsta u pokusu je bila korovna vrsta Teofrastov mračnjak (*A. theophrasti*) (slika 5). Sjeme Teofrastovog mračnjaka (*A. theophrasti*) je prikupljeno 2014. na području Osječko-baranjske županije. Osušeno i na sobnoj temperaturi očišćeno sjeme je čuvano na hladnom i suhom mjestu. Prije izvođenja pokusa određena je klijavost sjemena te je utvrđen zadovoljavajući postotak klijavosti. Prije pokusa sjeme je površinski dezinficirano 20 minuta s 1% NaOCl, te isprano tri puta destiliranom vodom (Siddiqui i sur., 2009.).



Slika 5. Sjeme Teofrastovog mračnjaka (*A. theophrasti*) (Bačić, S.)

### 3.4. Pokus

Pokus je proveden u kontroliranim uvjetima u Petrijevim zdjelicama, a postavljen je po slučajnom planu s tretmanima u šest repeticija. U Petrijeve zdjelice na filter papir stavljeno je 25 sjemenki. Na filter papir je potom aplicirano 4 ml ekstrakta lista i cvijeta različitih koncentracija. U kontrolnom tretmanu je aplicirana destilirana voda (slika 6). Nakon četiri dana u svaku Petrijevu zdjelicu dodan je ekstrakt/destilirana voda u količini od 2 ml kako se klijanci ne bi isušili. Sjeme Teofrastovog mračnjaka (*A. theophrasti*) naklijavano je pri izmjeničnom temperaturnom režimu 30/20 °C (svjetlo/tama, 12/12 sati) tijekom 10 dana.

### 3.5. Prikupljanje i statistička obrada podataka

Herbicidni potencijal vodenih ekstrakta lista i cvijeta kanadske zlatošipke (*S. canadensis*) utvrđen je mjerenjem navedenih parametara (slika 7):

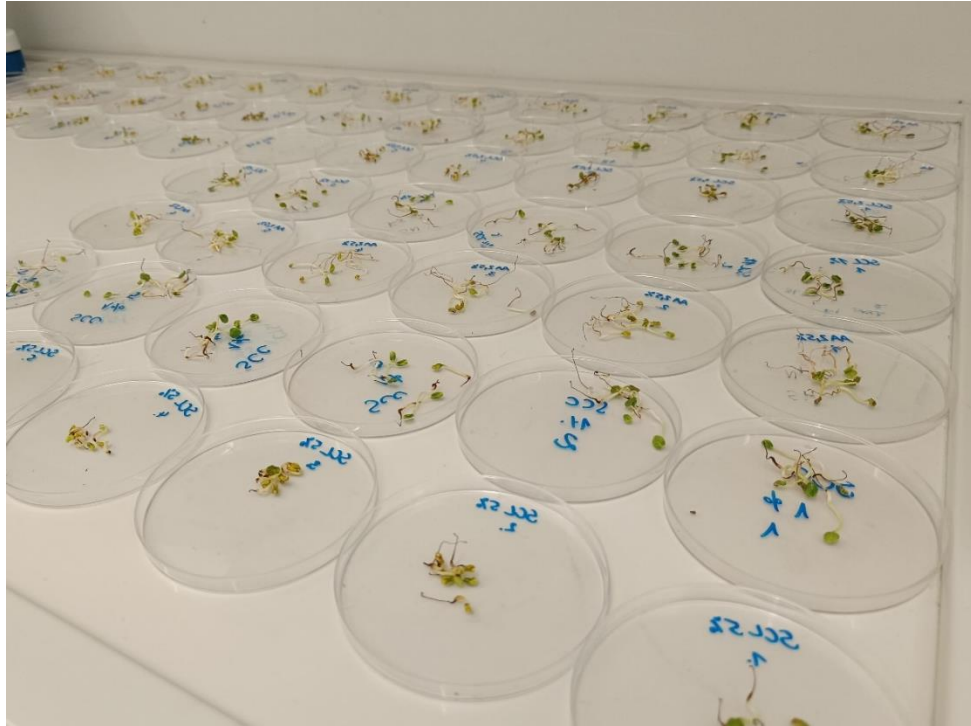
1. Ukupna klijavost (%):  $K$  (klijavost) =  $(\text{broj klijavih sjemenki/ukupan broj sjemenki}) \times 100$ ,
2. Duljina korijena (cm),
3. Duljina izdanka (cm),

4. Svježa masa (mg),
5. Suha masa (mg).



Slika 6. Postavljanje pokusa (Ravlić, M.)

Duljina korijena i izdanka klijanaca mjerena je na milimetarskom papiru, nakon čega je određena svježa masa. Klijanci su sušeni pri konstantnoj temperaturi od 90 °C u sušioniku, tijekom 72 sata, nakon čega je izvagana suha masa za svako pojedino ponavljanje u tretmanu. Dobiveni podaci obrađeni su računalno u programu Excel kako bi se dobio izračun srednjih vrijednosti svakog mjenog parametra. Statistička analiza podataka provedena je jednosmjernom analizom varijance (ANOVA), a razlike između srednjih vrijednosti testirane LSD testom na razini  $p < 0,05$ .



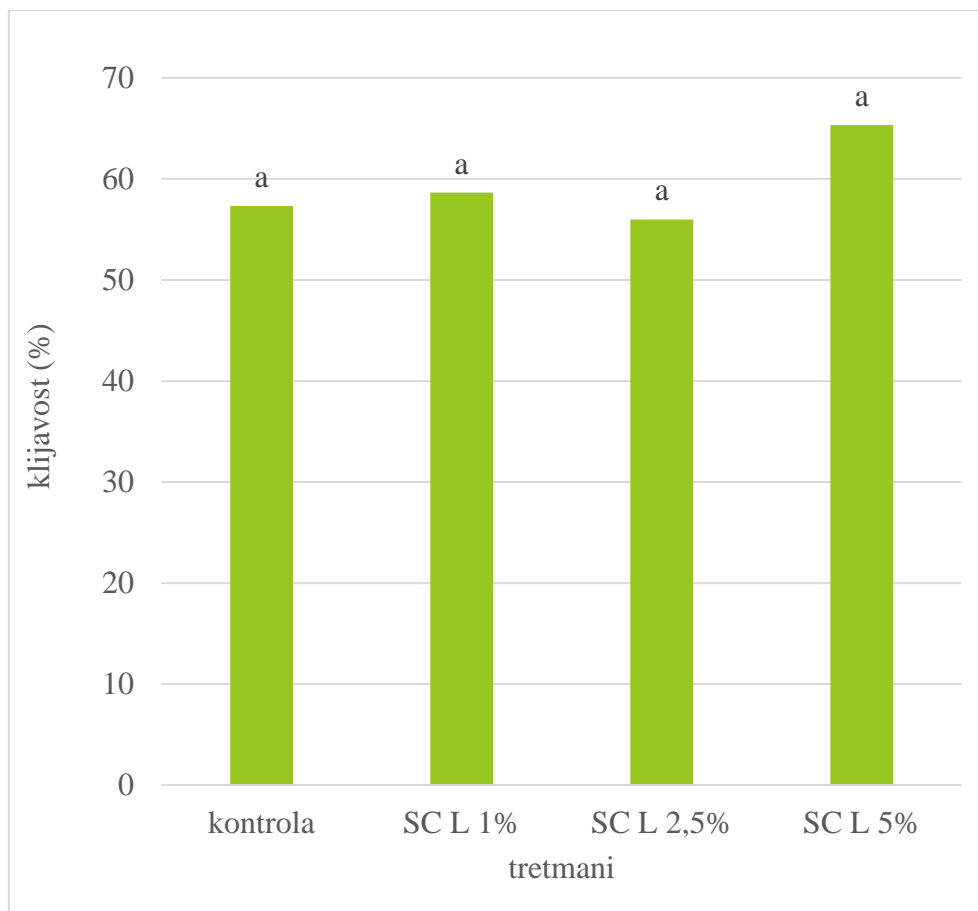
Slika 7. Mjerenje svježe mase klijanaca (Bačić, S.)



## 4. REZULTATI

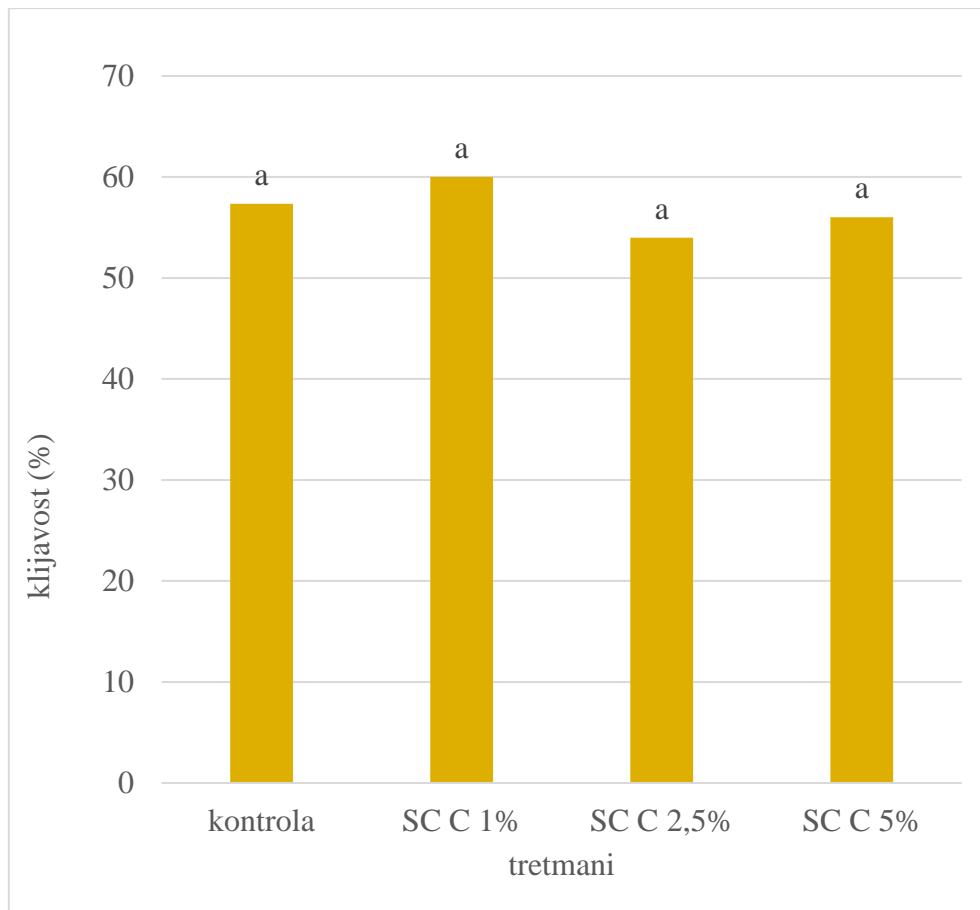
### 4.1. Herbicidni utjecaj vodenih ekstrakata kanadske zlatošipke (*Solidago canadensis* L.) na klijavost sjemena Teofrastovog mračnjaka (*Abutilon theophrasti* Medik.)

Rezultati pokusa pokazali su da vodeni ekstrakti lista kanadske zlatošipke (*S. canadensis*) nisu utjecali na klijavost sjemena Teofrastovog mračnjaka (*A. theophrasti*) koja se kretala od 56 % do 65,3 % (grafikon 1).



Grafikon 1. Herbicidni potencijal vodenih ekstrakata lista kanadske zlatošipke na klijavost sjemena Teofrastovog mračnjaka

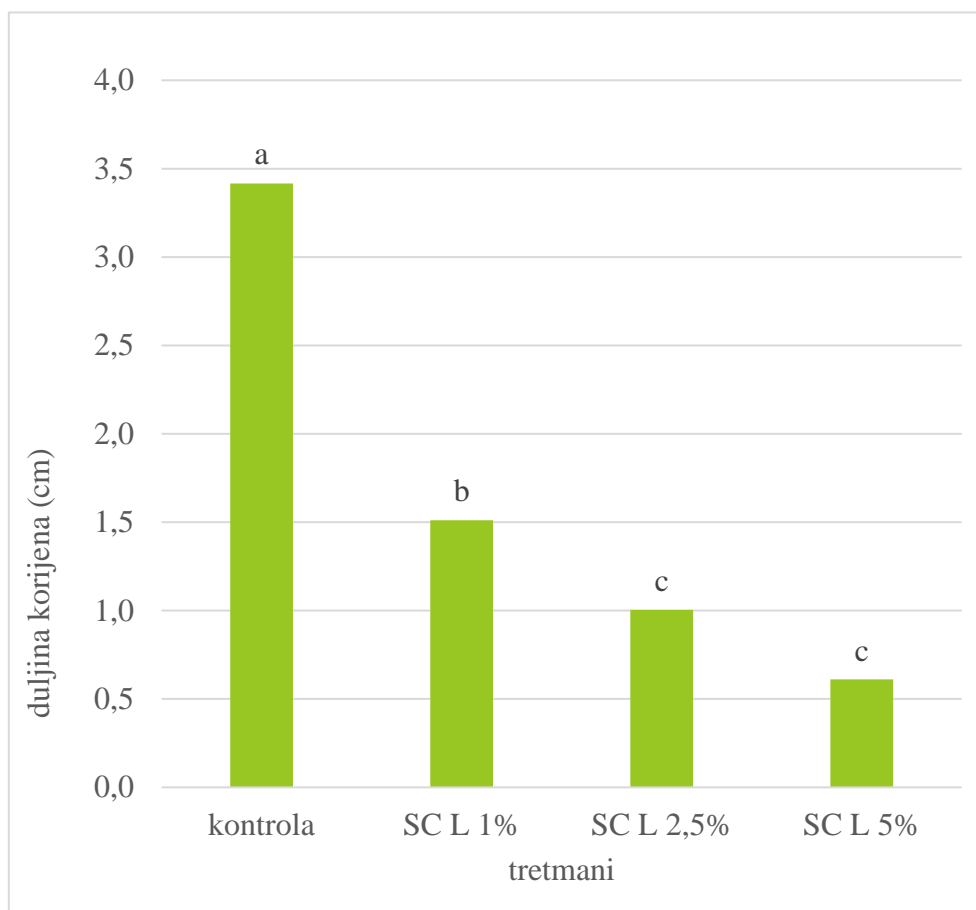
Isto tako, vodeni ekstrakti cvijeta kanadske zlatošipke (*S. canadensis*) nisu statistički značajno smanjili klijavost sjemena Teofrastovog mračnjaka (*A. theophrasti*) koja se kretala u rasponu od 54 % do 60 % (grafikon 2).



Grafikon 2. Herbicidni potencijal vodenih ekstrakata cvijeta kanadske zlatošipke na klijavost sjemena Teofrastovog mračnjaka

#### 4.2. Herbicidni utjecaj vodenih ekstrakata kanadske zlatošipke (*Solidago canadensis* L.) na duljinu korijena klijanaca Teofrastovog mračnjaka (*Abutilon theophrasti* Medik.)

Vodeni ekstrakti kanadske zlatošipke (*S. canadensis*) u svim koncentracijama imali su statistički značajan negativni utjecaj na duljinu korijena Teofrastovog mračnjaka (*A. theophrasti*) (grafikon 3 i 4).

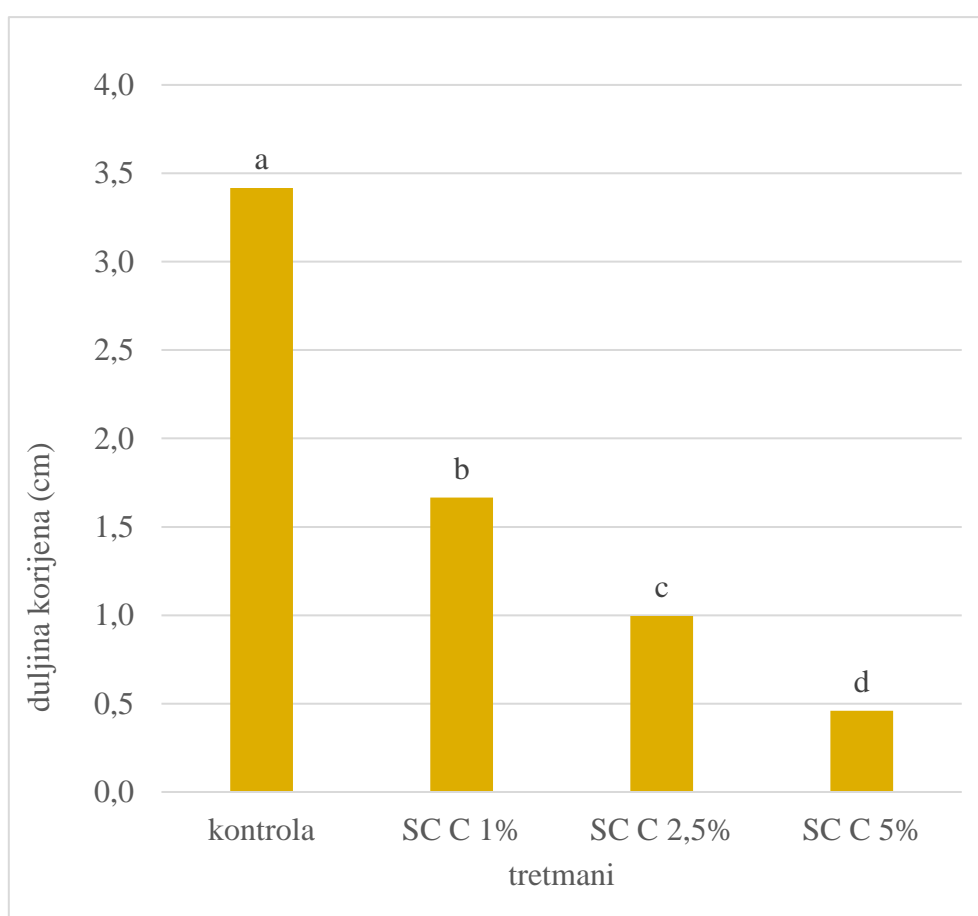


Grafikon 3. Herbicidni potencijal vodenih ekstrakata lista kanadske zlatošipke na duljinu korijena klijanaca Teofrastovog mračnjaka

Povećanjem koncentracije vodenog ekstrakta lista kanadske zlatošipke (*S. canadensis*) povećavao se inhibitorni utjecaj na duljinu klijanaca Teofrastovog mračnjaka (*A. theophrasti*) (grafikon 3). Pri najnižoj koncentraciji od 1 %, duljina korijena klijanaca bila je snižena za 55,8 % u odnosu na kontrolni tretman. Isto tako, oba ekstrakta više koncentracije značajno su reducirala duljinu korijena klijanaca za 70,8 % i 82,2 %, iako se međusobno nisu statistički značajno razlikovali. U prosjeku, neovisno o koncentraciji,

duljina korijena Teofrastovog mračnjaka (*A. theophrasti*) je bila snižena za 69,6 % s vodenim ekstraktom lista.

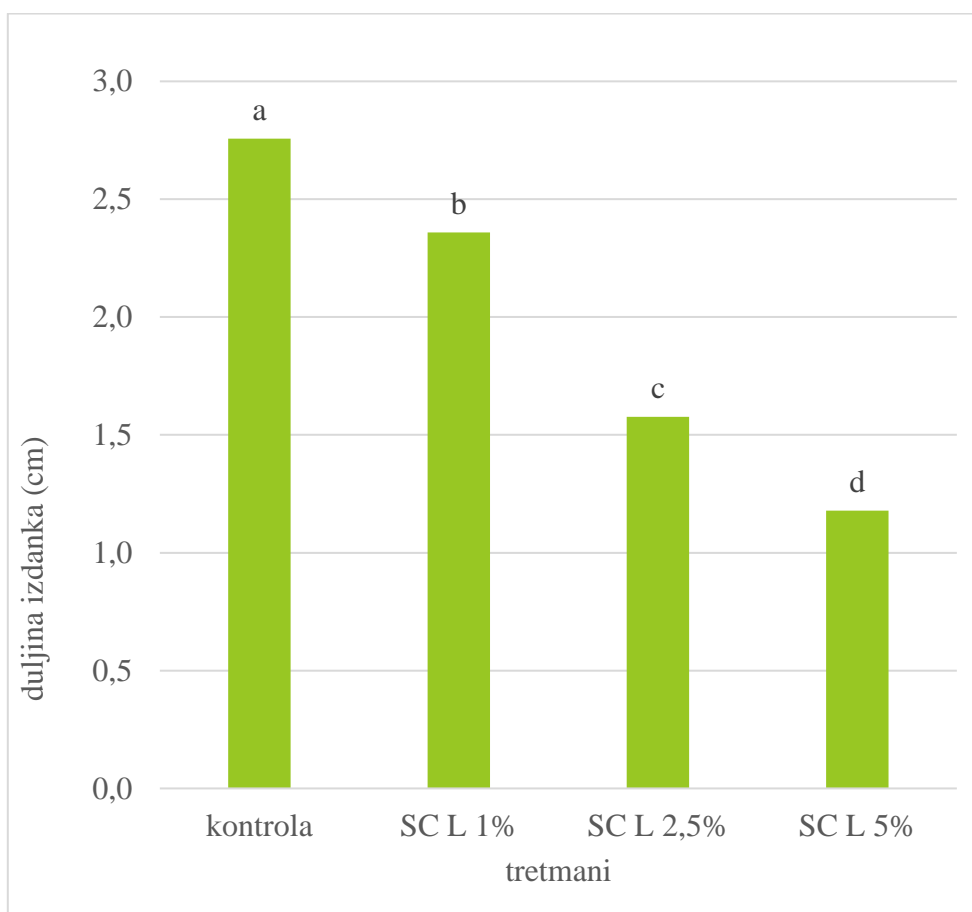
Primjena vodenih ekstrakata cvijeta kanadske zlatošipke (*S. canadensis*) statistički je značajno smanjila duljinu korijena klijanaca pri svim koncentracijama (grafikon 4). Pri najnižoj koncentraciji od 1 %, duljina korijena klijanaca bila je smanjena za 51,2 % u odnosu na kontrolni tretman. Isto tako, oba ekstrakta više koncentracije značajno su inhibirala duljinu korijena klijanaca za 70,8 % i 86,5 %. U prosjeku, neovisno o koncentraciji, duljina korijena Teofrastovog mračnjaka (*A. theophrasti*) je bila snižena za 69,6 % s vodenim ekstraktom cvijeta.



Grafikon 4. Herbicidni potencijal vodenih ekstrakata cvijeta kanadske zlatošipke na duljinu korijena klijanaca Teofrastovog mračnjaka

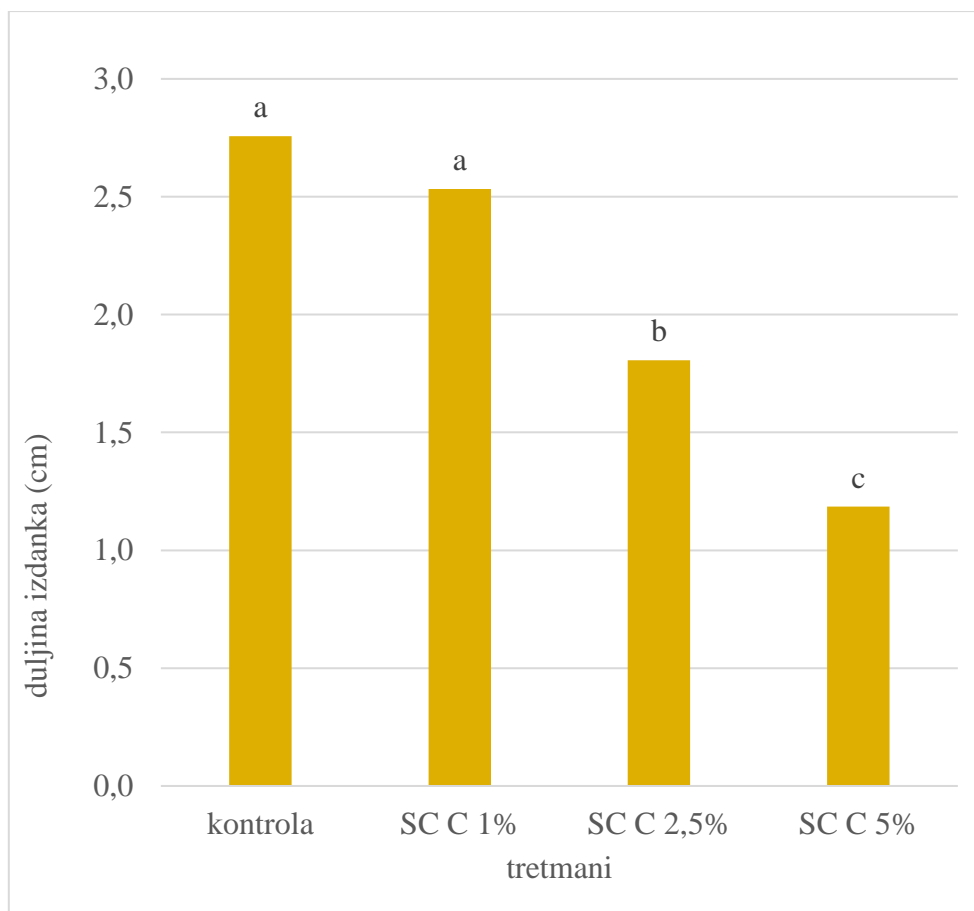
### 4.3. Herbicidni utjecaj vodenih ekstrakata kanadske zlatošipke (*Solidago canadensis* L.) na duljinu izdanka klijanaca Teofrastovog mračnjaka (*Abutilon theophrasti* Medik.)

Duljina izdanka klijanaca statistički je značajno snižena u tretmanima s vodenim ekstraktom lista kanadske zlatošipke (*S. canadensis*) (grafikon 5). Povećanjem koncentracije ekstrakta povećavao se herbicidni potencijal te je najveće smanjenje izdanka klijanaca, i to za 57,2 % u odnosu na kontrolni tretman, zabilježeno pri koncentraciji od 5 %. Dvije niže koncentracije vodenog ekstrakata duljinu izdanka klijanaca smanjile su za 14,5 % i 42,8 % u odnosu na kontrolu. U prosjeku, neovisno o koncentraciji, duljina izdanka Teofrastovog mračnjaka (*A. theophrasti*) je bila snižena za 38 % s vodenim ekstraktom lista.



Grafikon 5. Herbicidni potencijal vodenih ekstrakata lista kanadske zlatošipke na duljinu izdanka klijanaca Teofrastovog mračnjaka

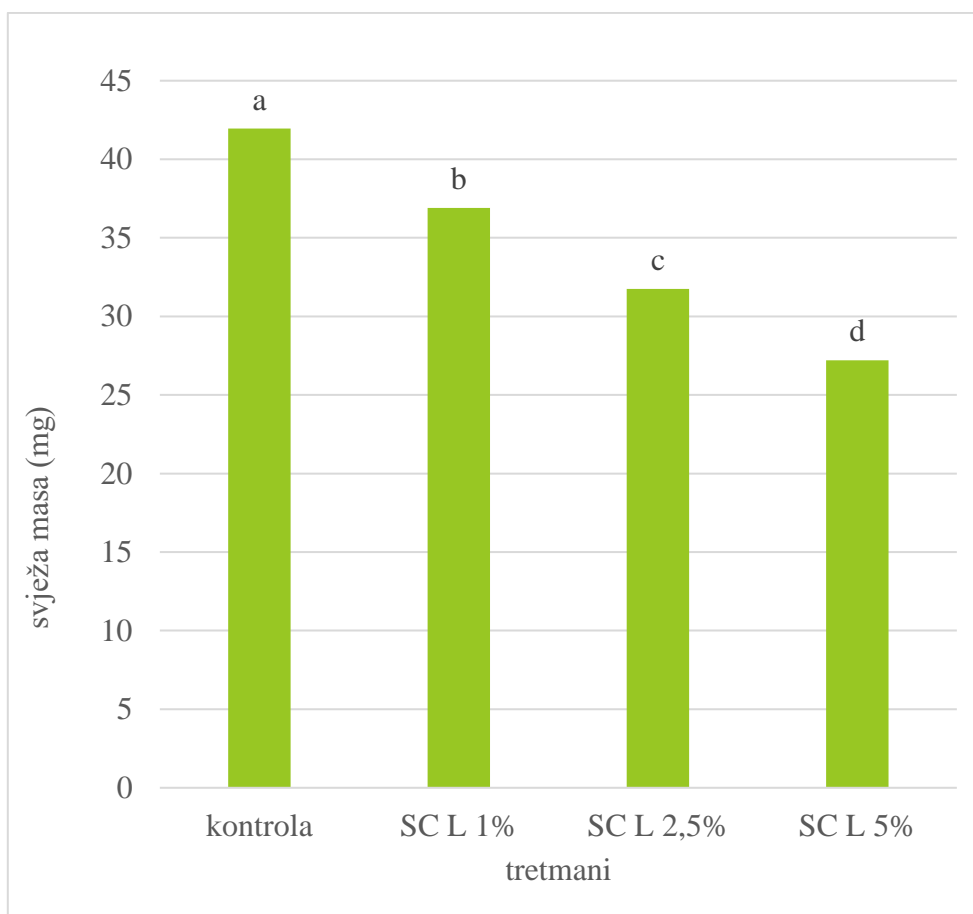
Primjenom vodenih ekstrakata cvijeta kanadske zlatošipke (*S. canadensis*) utvrđeno je različito djelovanje na duljinu izdanka klijanaca Teofrastovog mračnjaka (*A. theophrasti*) (grafikon 6). U tretmanu s najnižom koncentracijom vodenog ekstrakta nije zabilježeno statistički značajno djelovanje na duljinu izdanka klijanaca. S druge strane, koncentracije vodenog ekstrakta od 2,5 % i 5 % smanjile su duljinu izdanka za 34,4 % i 56,9 %, i to značajno u odnosu na duljinu izdanka u kontrolnom tretmanu. U prosjeku, neovisno o koncentraciji, duljina izdanka Teofrastovog mračnjaka (*A. theophrasti*) je bila snižena za 33,3 % s vodenim ekstraktom cvijeta.



Grafikon 6. Herbicidni potencijal vodenih ekstrakata cvijeta kanadske zlatošipke na duljinu izdanka klijanaca Teofrastovog mračnjaka

#### 4.4. Herbicidni utjecaj vodenih ekstrakata kanadske zlatošipke (*Solidago canadensis* L.) na svježu masu klijanaca Teofrastovog mračnjaka (*Abutilon theophrasti* Medik.)

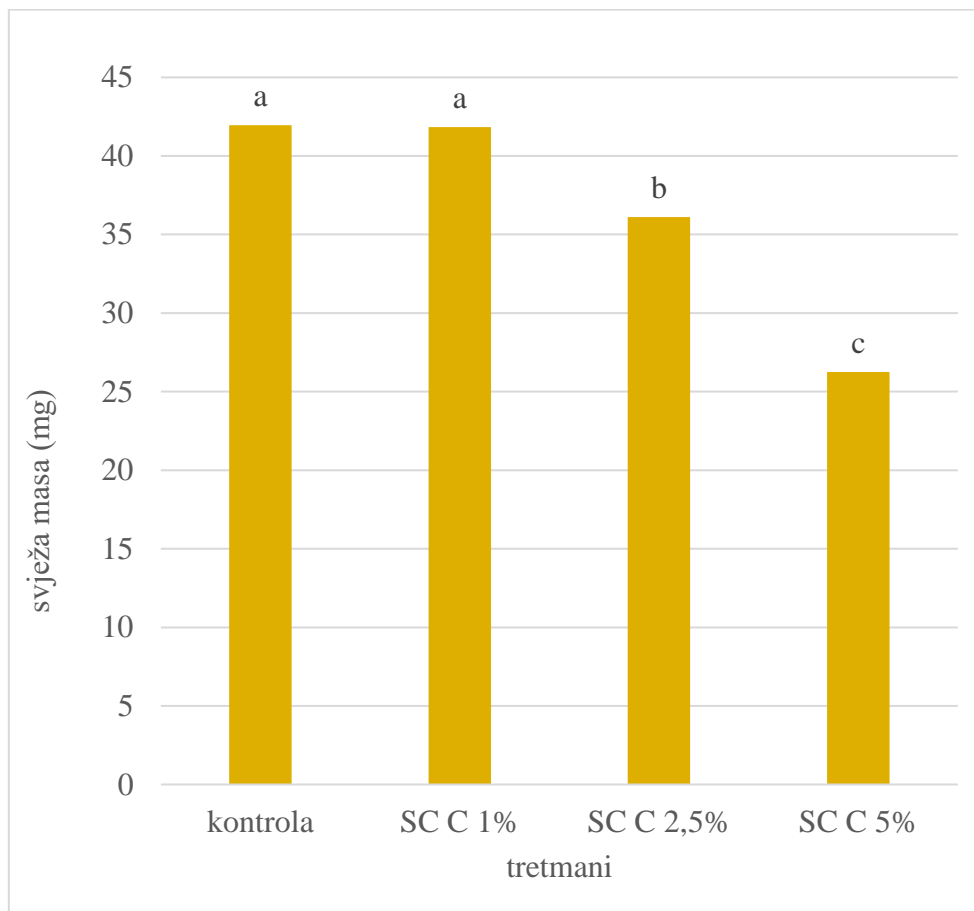
Svježa masa klijanaca Teofrastovog mračnjaka (*A. theophrasti*) značajno je snižena pri svim koncentracijama vodenog ekstrakta lista kanadske zlatošipke (*S. canadensis*) (grafikon 7). Smanjenje svježe mase iznosilo je za 12 %, 24,3 % i 35,2 % u odnosu na kontrolni tretman. U prosjeku, neovisno o koncentraciji, svježa masa Teofrastovog mračnjaka (*A. theophrasti*) je bila snižena za 23,8 % s vodenim ekstraktom lista.



Grafikon 7. Herbicidni potencijal vodenih ekstrakata lista kanadske zlatošipke na svježu masu klijanaca Teofrastovog mračnjaka

Slično, inhibitorni potencijal zabilježen je i pri primjeni vodenih ekstrakata cvijeta kanadske zlatošipke (*S. canadensis*) (grafikon 8). Najniža koncentracija vodenog ekstrakta cvijeta nije statistički značajno utjecala na smanjenje svježe mase klijanaca, dok su dvije više koncentracije inhibirale svježu masu za 13,9 % i 37,4 %, i to statistički značajno u odnosu

na kontrolni tretman. U prosjeku, neovisno o koncentraciji, svježa masa Teofrastovog mračnjaka (*A. theophrasti*) je bila snižena za 17,2 % s vodenim ekstraktom cvijeta.

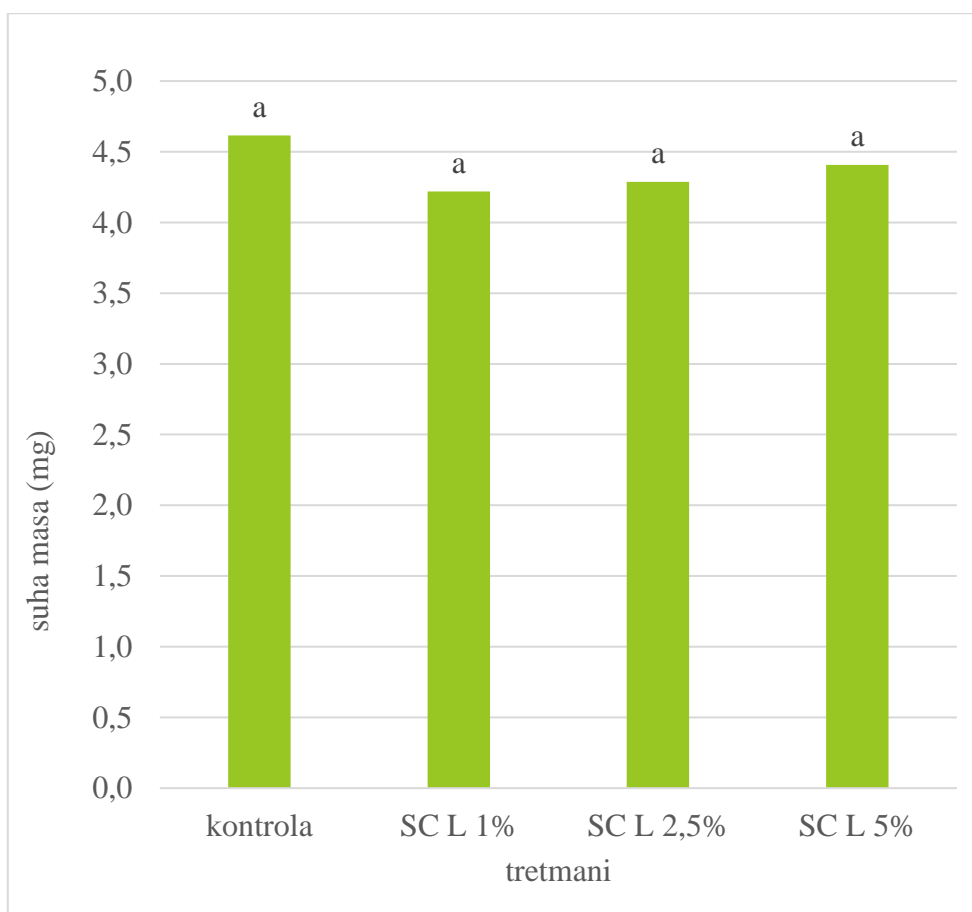


Grafikon 8. Herbicidni potencijal vodenih ekstrakata cvijeta kanadske zlatošipke na svježu masu klijanaca Teofrastovog mračnjaka



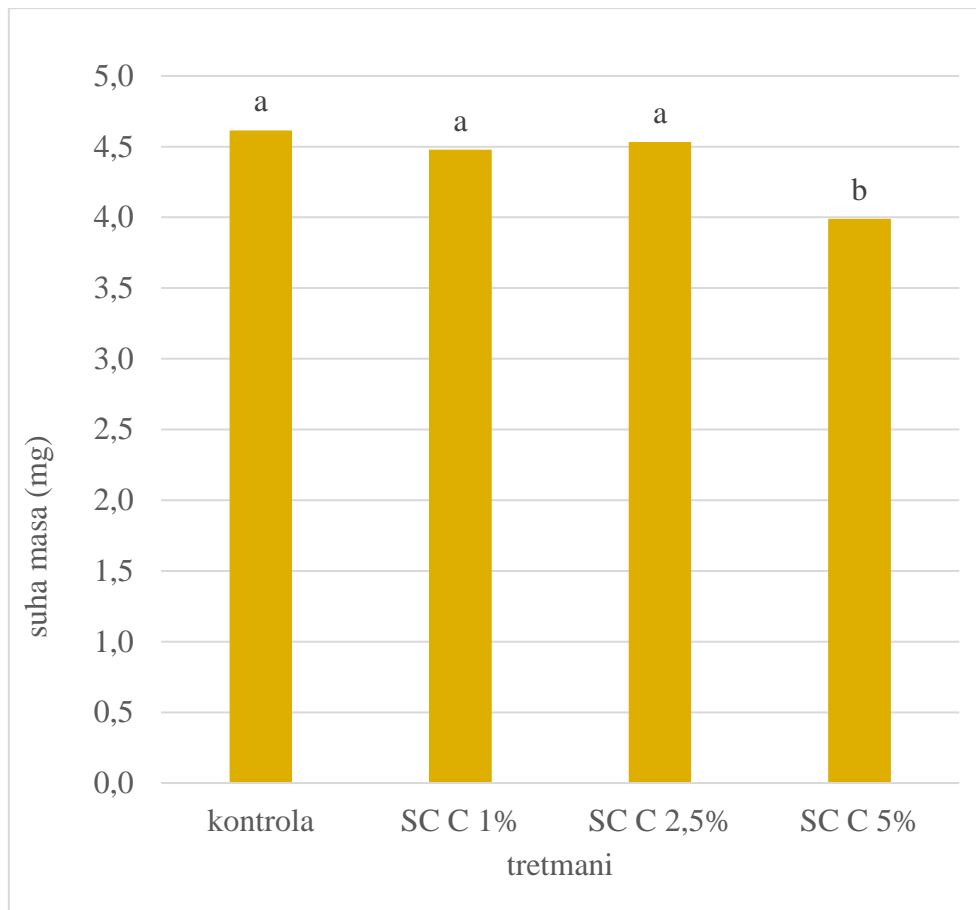
#### 4.5. Herbicidni utjecaj vodenih ekstrakata kanadske zlatošipke (*Solidago canadensis* L.) na suhu masu klijanaca Teofrastovog mračnjaka (*Abutilon theophrasti* Medik.)

Vodeni ekstrakti lista kanadske zlatošipke (*S. canadensis*) nisu pokazali djelovanje na suhu masu klijanaca Teofrastovog mračnjaka (*A. theophrasti*) koja se kretala od 4,62 mg do 4,22 mg (grafikon 9).



Grafikon 9. Herbicidni potencijal vodenih ekstrakata lista kanadske zlatošipke na suhu masu klijanaca Teofrastovog mračnjaka

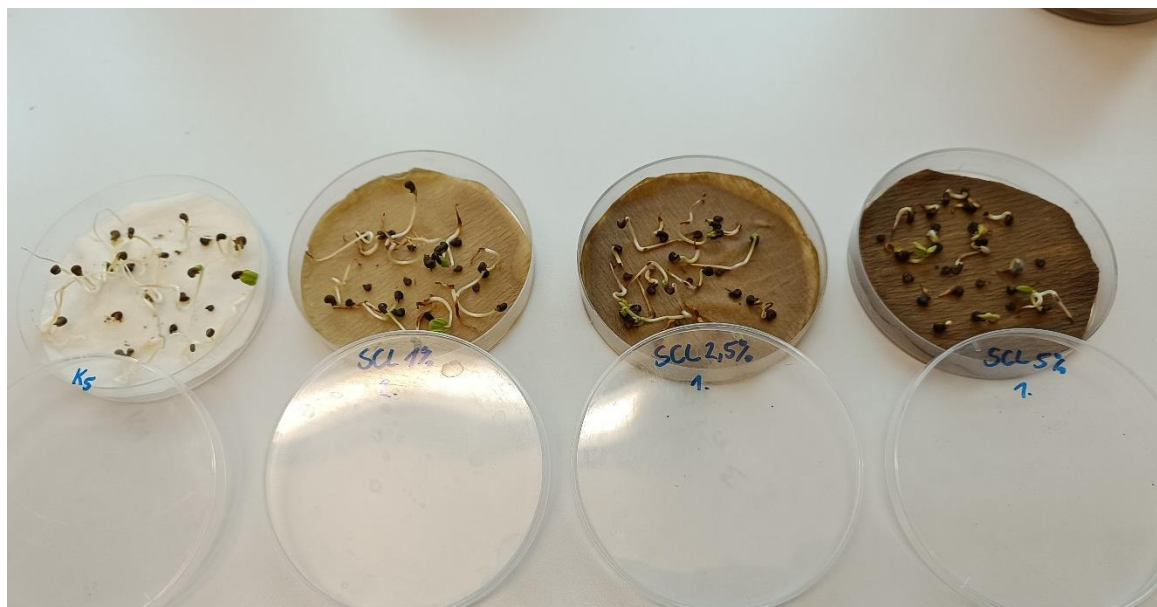
Slično, primjena vodenih ekstrakata cvijeta kanadske zlatošipke (*S. canadensis*) nije imala utjecaja na suhu masu klijanaca u tretmanima s dvije niže koncentracije (grafikon 10). Suprotno tome, statistički značajno niža suha masa klijanaca Teofrastovog mračnjaka (*A. theophrasti*) zabilježena je u tretmanu s najvišom koncentracijom vodenog ekstrakta i to za 13,6 % u odnosu na kontrolni tretman.



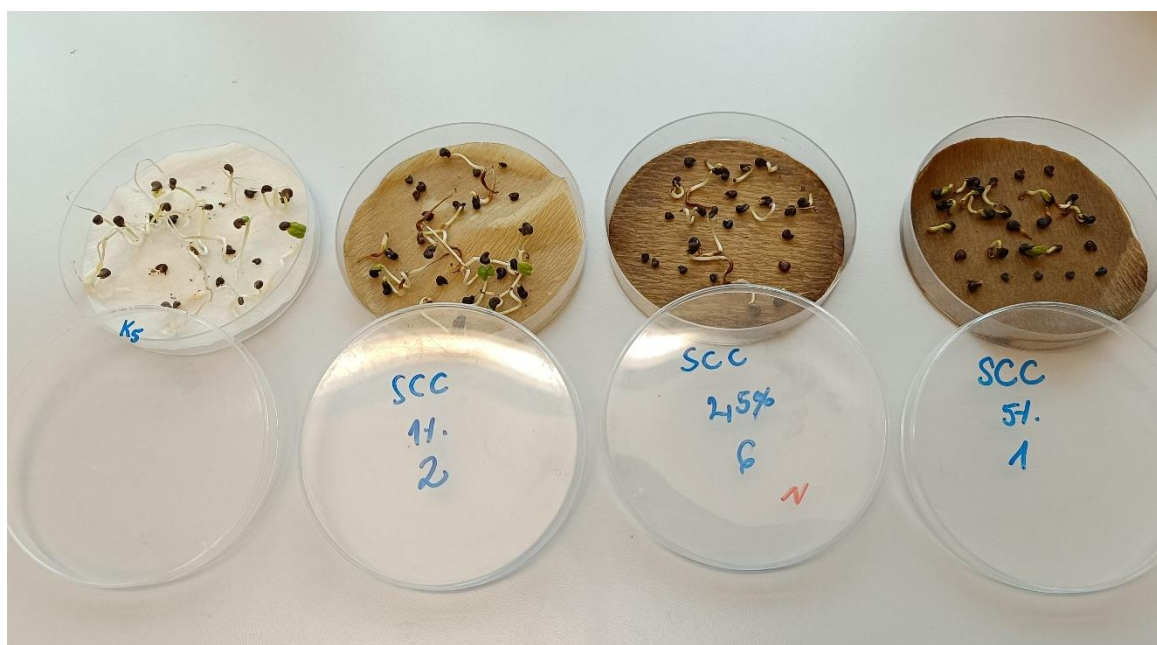
Grafikon 10. Herbicidni potencijal vodenih ekstrakata cvijeta kanadske zlatošipke na suhu masu klijanaca Teofrastovog mračnjaka

## 5. RASPRAVA

Rezultati pokusa pokazali su da listovi i cvjetovi kanadske zlatošipke (*S. canadensis*) posjeduju inhibitorni potencijal na rast i razvoj korovne vrste Teofrastov mračnjak (*A. theophrasti*) (slika 8 i 9).



Slika 8. Herbicidni potencijal različitih koncentracija vodenih ekstrakata lista kanadske zlatošipke na Teofrastov mračnjak (Ravlić, M.)



Slika 9. Herbicidni potencijal različitih koncentracija vodenih ekstrakata cvijeta kanadske zlatošipke na Teofrastov mračnjak (Ravlić, M.)

Duljina korijena klijanaca bila je smanjena za više od 80 % u odnosu na kontrolni tretman, dok je duljina izdanka pri najvišim koncentracijama bila snižena za više od 55 %. Utvrđeno je i značajno sniženje svježe mase klijanaca Teofrastovog mračnjaka (*A. theophrasti*). Značajan negativni potencijal kanadske zlatošipke (*S. canadensis*) i drugih vrsta roda *Solidago* zabilježen je u nekoliko istraživanja. Korijenovi eksudati kanadske zlatošipke (*S. canadensis*) smanjuju duljinu korijena, visinu biljke te ukupnu biomasu test vrsta (Yang i Li, 2022.). Zhang i sur. (2014.) utvrdili su da ekstrakti lista i stabljike značajno inhibiraju rast pšenice (*Triticum aestivum* L.) i rotkvice (*R. sativus*). Prema Baličević i sur. (2015.) smanjenje duljine korijena i izdanka Teofrastovog mračnjaka iznosilo je za 89,7 % i 83,2 % s vodenim ekstraktima od nadzemne mase velike zlatnice (*S. gigantea*).

S druge strane, niti jedan vodeni ekstrakt lista i cvijeta u testiranim koncentracijama nije inhibirao klijavost sjemena Teofrastovog mračnjaka (*A. theophrasti*). Slično navode i Zhang i sur. (2014.) prema kojima isparljivi spojevi i korijenovi eksudati kanadske zlatošipke (*S. canadensis*) nisu smanjili klijavost pšenice (*T. aestivum*) i rotkvice (*R. sativus*). Baličević i sur. (2015.) pak navode da je klijavost sjemena Teofrastovog mračnjaka bila snižena za 71,8 % s vodenim ekstraktima velike zlatnice (*S. gigantea*). Prema Ravlić i sur. (2023.) vodeni ekstrakti livadne kadulje (*Salvia pratensis* L.) nemaju utjecaj na klijavost sjemena Teofrastovog mračnjaka (*A. theophrasti*), dok su s druge strane značajno smanjili klijavost poljskog kukolja (*Agrostemma githago* L.). Test vrste razlikuju se u svojoj osjetljivosti na alelopatski potencijal, a zabilježene su i razlike među različitim genotipovima istih vrsta. Primjerice, sjetvena grbica (*Lepidium sativum* L.) je osjetljivija na negativni učinak *Solidago* spp. od salate (*L. sativa*) (Judžentienė i sur., 2023.). Prema Golubinova i Marinov-Serafimov (2019.) razlike u odgovoru vrste na vodene ekstrakte mogu se objasniti genetskim razlikama među genotipovima ukoliko je primijenjena jednaka količina vodenog ekstrakta. U istraživanju Moždžen i sur. (2020.) tri sorte rotkvice (*R. sativus* var. *radicula* Pers.) razlikovale su se u svom odgovoru na alelopatski potencijal ekstrakata kanadske zlatošipke (*S. canadensis*).

Iako su vodeni ekstrakti lista i cvijeta kanadske zlatošipke (*S. canadensis*) u prosjeku imali podjednak učinak, u pojedinim parametrima rasta ekstrakti lista pokazali su veće inhibitorno djelovanje. Prema Butcko i Jensen (2002.) vodeni ekstrakti korijena/rizoma kanadske zlatošipke (*S. canadensis*) nisu imali utjecaja na klijavost sjemena salate (*L. sativa*) i rotkvice (*R. sativus*), dok je značajan inhibitorni utjecaj postignut u tretmanu s vodenim ekstraktima lista. Razlike u alelopatskom potencijalu različitih biljnih dijelova zabilježeni su i u drugim

istraživanjima (Sun i sur., 2006., Bortniak i sur., 2011.), a ovisе o vrsti i koncentraciji alelokemikalija u biljnom dijelu. Glavni fenolni spojevi identificirani u metanolnim ekstraktima listova i cvatova kanadske zlatošipke (*S. canadensis*) uključuju klorogensku kiselinu, kvercitrin, izokvercitrin i rutin (Jun i sur., 2011., Radusiene i sur., 2015.), a u listovima i stabljikama n-heksadekansku kiselinu (Zhang i sur., 2014.). Među glavne komponente eteričnih ulja cvatova, listova i korijena kanadske zlatošipke (*S. canadensis*) ubrajaju se  $\alpha$ -pinen, limonen, germakren, trans-verbenol, verbenon i  $\beta$ -pinen (Judžentienė i sur., 2023.). Inhibitorni potencijal ovisi i razvojnom stadiju biljke, vremenu vegetacije odnosno godišnjem dobu te lokaciji (Ravlić i sur., 2022., Appiah i sur., 2022.). Primjerice, najviša ukupna količina fenolnih spojeva u nadzemnoj masi kanadske zlatošipke (*S. canadensis*) zabilježena je u vegetativnom stadiju, a najniža u zriobi (Yang i sur., 2021.). Zribi i sur. (2014.) također navode da se koncentracija fitokemikalija u vodenim ekstraktima crnog kima (*Nigella sativa* L.) razlikovala, s najvišom koncentracijom u vegetativnom stadiju.

## 6. ZAKLJUČAK

Cilj provedenog istraživanja bio je utvrditi herbicidno djelovanje vodenih ekstrakata pripremljenih od lista i cvijeta invazivne vrste kanadske zlatnice (*S. canadensis*) na klijavost sjemena i rast klijanaca Teofrastovog mračnjaka (*A. theophrasti*). S obzirom na dobivene rezultate izvedeni su sljedeći zaključci:

- Klijavost sjemena Teofrastovog mračnjaka (*A. theophrasti*) nije bila snižena niti u jednom tretmanu s vodenim ekstraktima kanadske zlatošipke (*S. canadensis*).
- Duljina korijena Teofrastovog mračnjaka (*A. theophrasti*) značajno je snižena u svim tretmanima do 82,2 % i 86,5 % s vodenim ekstraktima lista odnosno cvijeta kanadske zlatošipke (*S. canadensis*).
- Vodeni ekstrakti kanadske zlatošipke (*S. canadensis*) statistički su značajno inhibirali duljinu izdanka te svježiu masu klijanaca Teofrastovog mračnjaka (*A. theophrasti*), izuzev vodenog ekstrakta cvijeta u najnižoj koncentraciji.
- Suha masa klijanaca Teofrastovog mračnjaka (*A. theophrasti*) smanjena je samo u tretmanu s vodenim ekstraktom cvijeta kanadske zlatošipke (*S. canadensis*) u najvišoj koncentraciji.
- Najviši inhibitorni potencijal vodenih ekstrakata utvrđen je na duljinu korijena klijanaca, a najmanji na klijavost sjemena i suhu masu klijanaca.
- Vodeni ekstrakti cvijeta i lista kanadske zlatošipke (*S. canadensis*) u prosjeku su imali sličan inhibitorni potencijal. Nešto veće negativno djelovanje ekstrakata lista u odnosu na cvijet zabilježeno je na duljinu izdanka i svježiu masu klijanaca.

## 7. POPIS LITERATURE

1. Abhilasha, D., Quintana, N., Vivanco, J., Josh, I.J. (2008.): Do allelopathic compounds in invasive *Solidago canadensis* s. l. restrain the native European flora? *Journal of Ecology*, 96: 993-1001.
2. Alam, S.M., Ala, S.A., Azmi, A.R., Khan, M.A., Ansari, R. (2001.): Allelopathy and its Role in Agriculture. *Journal of Biological Sciences*, 1(5): 308-315.
3. Appiah, K.S., Omari, R.A., Onwona-Agyeman, S., Amoatey, C.A., Ofosu-Anim, J., Smaoui, A., Arfa, A.B., Suzuki, Y., Oikawa, Y., Okazaki, S., Katsura, K., Isoda, H., Kawada, K., Fujii, Y. (2022.): Seasonal Changes in the Plant Growth-Inhibitory Effects of Rosemary Leaves on Lettuce Seedlings. *Plants*, 11: 673.
4. Bais, H. P., Weir, T. L., Perry, L. G., Gilroy, S., Vivanco, J. M. (2006.): The role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other organisms. *Annual Review of Plant Biology*, 57: 233–266.
5. Baličević, R., Ravlić, M., Živković, T. (2015.): Allelopathic effect of invasive species giant goldenrod (*Solidago gigantea* Ait.) on crops and weeds. *Herbologia*, 15(1): 19-29.
6. 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. 3<sup>rd</sup> International Symposium on Weeds and Invasive Plants, Ascona, Switzerland.
7. Butcko, V.M., Jensen, R.J. (2002.): Evidence of tissue-specific allelopathic activity in *Euthamia graminifolia* and *Solidago canadensis* (Asteraceae). *The American Midland Naturalist*, 148: 253-262.
8. Chaves Lobón, N., González Félix, M., Alías Gallego, J.C. (2023.): Comparison of the Allelopathic Potential of Non-Native and Native Species of Mediterranean Ecosystems. *Plants*, 12: 972.
9. Dhima, K.V., Vasilakoglou, I.B., Gatsis, Th.D., Panou-Pholothou, E., Eleftherohorinos, I.G. (2009.): Effects of aromatic plants incorporated as green manure on weed and maize development. *Field Crops Research*, 110: 235-241.
10. Domac, R. (2002.): *Flora Hrvatske. Priručnik za određivanje bilja*. Školska knjiga. Zagreb.
11. Đikić, M., Gadžo, D., Šarić, T., Gavrić, T., Muminović, Š. (2008.): Investigation of allelopathic potential of buckwheat. *Herbologia*, 9(2): 59-71.

12. Foster, S., Hobbs, C. (2002.): A field guide to Western medicinal plants and herbs. Mariner Books, Boston, USA.
13. Franjić, J., Škvorc, Ž. (2014.): Šumsko zeljasto bilje Hrvatske. Sveučilište u Zagrebu. Šumarski fakultet, Zagreb.
14. Golubinova, I., Marinov-Serafimov, P. (2019.): Allelopathic effect of dodder (*Cuscuta epithymum* L.) on different genotypes bird's-foot trefoil (*Lotus corniculatus* L.). *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 25: 1198-1204.
15. Inderjit, Duke, S.O. (2003.): Ecophysiological aspects of allelopathy. *Planta*, 217: 529-539.
16. Inderjit, Callaway, R.M., Vivanco, J.M. (2006.): Can plant biochemistry contribute to understanding of invasion ecology? *Trends in Plant Science*, 11: 574-580.
17. Isin Ozkan, T.G., Akalin Urusak, E., Appiah, K.S., Fujii, Y. (2019.): First Broad Screening of Allelopathic Potential of Wild and Cultivated Plants in Turkey. *Plants*, 8: 532.
18. Judžentienė, A., Būdienė, J., Labanauskas, L., Stancelytė, D., Nedveckytė, I. (2023.): Allelopathic Activity of Canadian Goldenrod (*Solidago canadensis* L.) Extracts on Seed Germination and Growth of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) and Garden Pepper Cress (*Lepidium sativum* L.). *Plants*, 12: 1421.
19. Jun, L., Yonghao, Y., Hongwu, H., Liyao, D. (2011.): Kaempferol-3-O-β-D-glucoside, a potential allelochemical isolated from *Solidago canadensis*. *Allelopathy Journal*, 28: 259-266.
20. Kato-Noguchi, H., Kato, M. (2022.): Allelopathy and Allelochemicals of *Solidago canadensis* L. and *S. altissima* L. for Their Naturalization. *Plants*, 11, 3235.
21. Li, Z.H., Wang, Q., Ruan, X., Pan, C.D., Jiang, D.A. (2010.): Phenolics and plant allelopathy. *Molecules*, 15(12): 8933-52.
22. Li, S.L., Li, Z.H., Wang, Y.F., Xiao, R., Pan, C.D., Wang, Q. (2013.): Preliminary study for the allelopathic effect of water extracts from *Solidago canadensis* leaves. *Advanced Materials Research*, 699: 340–348.
23. Możdżeń, K., Barabasz-Krasny, B., Zandi, P., Kliszcz, A., Puła, J. (2020.): Effect of Aqueous Extracts from *Solidago Canadensis* L. Leaves on Germination and Early Growth Stages of Three Cultivars of *Raphanus sativus* L. Var. *radicula* Pers. *Plants*, 9: 1549.



24. Narwal, S.S., Tauro, P. (2000.): Allelopathy in agroecosystems: An overview. *Agroforestry Systems*, 48(1-3): 129-152.
25. Nikolić, T., Mitić, B., Boršić, I. (2014.): Flora Hrvatske: invazivne biljke. Alfa d.d. Zagreb, p. 296.
26. Norsworthy, J.K. (2003.): Allelopathic Potential of Wild Radish (*Raphanus raphanistrum*). *Weed Technology*, 17: 307-313.
27. Novak, N., Novak, M., Barić, K., Šćepanović, M., Ivić, D. (2018.): Allelopathic potential of segetal and ruderal invasive alien plants. *Journal of central European Agriculture*, 19(2): 408-422.
28. Popov, M., Prvulović, D., Šučur, J., Vidović, S., Samardžić, N., Stojanović, T., Konstantinović, B. (2021.): Chemical characterization of common milkweed (*Asclepias syriaca* L.) root extracts and their influence on maize (*Zea mays* L.), soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) and sunflower (*Helianthus annuus* L.) seed germination and seedling growth. *Applied Ecology and Environmental Research*, 19(6): 4219-4230.
29. Radusiene, J., Marska, M., Ivanauskas, L., Jakstas, J., Karpaviciene, B. (2015.): Assessment of phenolic compound accumulation in two widespread goldenrods. *Industrial Crops and Products*, 63: 158-166.
30. Ravlić, M. (2015.): Alelopatsko djelovanje nekih biljnih vrsta na rast i razvoj usjeva i korova. Doktorski rad. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek. pp. 147.
31. Ravlić, M., Baličević, R., Peharda, A. (2015.): Allelopathic effect of invasive species giant goldenrod (*Solidago gigantea* Ait.) on wheat and scentless mayweed. Proceedings & abstract of the 8<sup>th</sup> International Scientific/Professional Conference Agriculture in Nature and Environment Protection, Glas Slavonije d.d., Osijek, 186-190.
32. Ravlić, M., Baličević, R., Nikolić, M., Sarajlić, A. (2016.): Assessment of allelopathic potential of fennel, rue and sage on weed species hoary cress (*Lepidium draba*). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 44(1): 48-52.
33. Ravlić, M., Markulj Kulundžić, A., Baličević, R., Marković, M., Viljevac Vuletić, M., Kranjac, D., Sarajlić, A. (2022.): Allelopathic Potential of Sunflower Genotypes at Different Growth Stages on Lettuce. *Applied Sciences*, 12: 12568.

34. Ravlić, M., Baličević, R., Svalina, T., Posavac, D., Ravlić, J. (2023.): Herbicidal potential of meadow sage (*Salvia pratensis* L.) against velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Med.) and common corn-cockle (*Agrostemma githago* L.). *Glasnik zaštite bilja*, 46(3): 116-121.
35. Rice, E.L. (1984.): *Allelopathy*. 2nd Edition, Academic Press, New York.
36. Rogošić, J. (2011.): *Bilinear cvjetnjača hrvatske flore s ključem za određivanje bilja*. Sveučilište u Zadru, Zadar.
37. Scavo, A., Mauromicale, G. (2021.): Crop Allelopathy for Sustainable Weed Management in Agroecosystems: Knowing the Present with a View to the Future. *Agronomy*, 11: 2104.
38. Shan, Z., Zhou, S., Shah, A., Arafat, Y., Arif Hussain Rizvi, S., Shao, H. (2023.): Plant Allelopathy in Response to Biotic and Abiotic Factors. *Agronomy*, 13: 2358.
39. Siddiqui, S., Bhardwaj, S., Khan, S. S., Meghvanshi, M. K. (2009.): Allelopathic effect of different concentration of water extract of *Prosopis juliflora* leaf on seed germination and radicle length of wheat (*Triticum aestivum* Var-Lok-1). *American-Eurasian Journal of Scientific Research*, 4(2): 81-84.
40. Sun, B.Y., Tan, J.Z., Wan, Z.G., Gu, F.G., Zhu, M.D. (2006.): Allelopathic effects of extracts from *Solidago canadensis* L. against seed germination and seedling growth of some plants. *Journal of Environmental Sciences*, 18(2): 304-309.
41. Šutovská, M., Capek, P., Kocmálová, M., Fraňová, S., Pawlaczyk, I., Gancarz, R. (2013.): Characterization and biological activity of *Solidago canadensis* complex. *International Journal of Biological Macromolecules*, 52: 192-197.
42. Xu, Z., Zhong, S., Yu, Y., Wang, Y., Cheng, H., Du, D., Wang, C. (2023.): *Rhus typhina* L. triggered greater allelopathic effects than *Koeleria paniculata* Laxm under ammonium fertilization. *Scientia Horticulturae*, 309: 111703.
43. Xuan, T.D., Tawata, S., Hong, N.H., Khanh, T.D., Chung, I.M. (2004.): Assessment of phytotoxic action of *Ageratum conyzoides* L. (billy goat weed) on weeds. *Crop Protection*, 23: 915-922.
44. Yang, B., Li, J. (2022.): Phytotoxicity of root exudates of invasive *Solidago canadensis* on co-occurring native and invasive plant species. *Pakistan Journal of Botany*, 54(3): 1019-1024.
45. Yang, X., Cheng, J., Yao, B., Lu, H., Zhang, Y., Xu, J., Song, X., Qiang, S. (2021.): Polyploidy-promoted phenolic metabolism confers the increased competitive ability of *Solidago canadensis*. *Oikos*, 130: 1014-1025.

46. Yang, R.Y., Mei, L.X., Tang, J.J., Chen, X. (2007.): Allelopathic effects of invasive *Solidago canadensis* L. on germination and growth of native Chinese plant species. *Allelopathy Journal*, 19(1): 241-248.
47. Yuan, Y., Wang, B., Zhang, S., Tang, J., Tu, C., Hu, S., Yong, J.W.H., Chen, X. (2013.): Enhanced allelopathy and competitive ability of invasive plant *Solidago canadensis* in its introduced range. *Journal of Plant Ecology*, 6: 253–263.
48. Zandi, P., Barabasz-Krasny, B., Stachurska-Swakoń, A., Puła, J., Możdżeń, K. (2020.): Allelopathic effect of invasive Canadian goldenrod (*Solidago canadensis* L.) on early growth of red clover (*Trifolium pratense* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici*, 48: 2060–2071.
49. Zhang, D., Ye, Y., Li, J., Dong, L. (2014.): Allelopathic pathways, isolation and identification of an allelopathic substance from *Solidago canadensis* L. *Allelopathy Journal*, 33(2): 201-212.
50. Zribi, I., Omezzine, F., Haouala, R. (2014.): Variation in phytochemical constituents and allelopathic potential of *Nigella sativa* with developmental stages. *South African Journal of Botany*, 94: 255-262.
51. Žalac, H., Herman, G., Lisjak, M., Teklić, T., Ivezić, V. (2022.): Intercropping in walnut orchards – assessing the toxicity of walnut leaf litter on barley and maize germination and seedlings growth. *Poljoprivreda*, 28(1): 46-52.

## 8. SAŽETAK

Cilj rada bio je utvrditi herbicidni potencijal vodenih ekstrakata kanadske zlatošipke (*Solidago canadensis* L.) na klijavost sjemena i rast klijanaca korovne vrste Teofrastov mračnjak (*Abutilon theophrasti* Medik.). Vodeni ekstrakti lista i cvijeta kanadske zlatošipke (*S. canadensis*) u različitim koncentracijama (1 %, 2,5 % i 5 %) istraženi su u laboratorijskom pokusu u Petrijevim zdjelicama. Rezultati istraživanja pokazali su da se herbicidni potencijal povećavao s porastom koncentracije vodenih ekstrakata. Vodeni ekstrakti nisu značajno smanjili klijavost sjemena, niti suhu masu klijanaca, izuzev vodenog ekstrakta cvijeta u najvišoj koncentraciji. Duljina korijena klijanaca inhibirana je u svim tretmanima, a pri najvišim koncentracijama i za više od 80 % u odnosu na kontrolu. Duljina izdanka i svježja masa klijanaca statistički su značajno snižene, posebice pri višim koncentracijama vodenih ekstrakata lista i cvijeta. U prosjeku je najveći inhibitorni potencijal zabilježen na duljinu korijena klijanaca. Iako su ekstrakti lista i cvijeta u prosjeku imali podjednak utjecaj, ekstrakti lista pokazali su veće negativno djelovanje na duljinu izdanka i svježju masu klijanaca.

**Ključne riječi:** alelopatija, biološka kontrola, kanadska zlatošipka (*Solidago canadensis*), Teofrastov mračnjak (*Abutilon theophrasti*), inhibicija, koncentracija

## 9. SUMMARY

The aim of the study was to determine herbicidal potential of Canadian goldenrod (*Solidago canadensis* L.) water extracts on seed germination and seedling growth of the weed species velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medik.). Canadian goldenrod (*S. canadensis*) leaf and flower water extracts in different concentrations (1%, 2.5% and 5%) were investigated in a laboratory experiment in Petri dishes. The results showed that the herbicidal potential increased with the increase in the concentration of the water extracts. Water extracts did not significantly reduce the seed germination, nor the dry seedling weight, except for the flower water extract in the highest concentration. Seedling root length was inhibited in all treatments, and at the highest concentrations by more than 80% compared to the control. Shoot length and fresh weight of seedlings were significantly reduced, especially at higher concentrations of leaf and flower water extracts. On average, the highest inhibitory potential was recorded on the seedling root length. Although leaf and flower extracts had on average an equal effect, leaf extracts showed a greater negative potential on shoot length and fresh weight of seedlings.

**Key words:** allelopathy, biocontrol, Canadian goldenrod (*Solidago canadensis*), velvetleaf (*Abutilon theophrasti*), inhibition, concentration

## 10. POPIS SLIKA

<b>Red. br.</b>	<b>Naziv slike</b>	<b>Str.</b>
Slika 1.	Morfologija cvata kanadske zlatošipke ( <i>S. canadensis</i> )	2
Slika 2.	Stanište kanadske zlatošipke ( <i>S. canadensis</i> )	3
Slika 3.	Suhi biljni materijal lista i cvijeta kanadske zlatošipke ( <i>S. canadensis</i> )	8
Slika 4.	Priprema vodenih ekstrakata	9
Slika 5.	Sjeme Teofrastovog mračnjaka ( <i>A. theophrasti</i> )	10
Slika 6.	Postavljanje pokusa	11
Slika 7.	Mjerenje svježe mase klijanaca	12
Slika 8.	Herbicidni potencijal različitih koncentracija vodenih ekstrakata lista kanadske zlatošipke na Teofrastov mračnjak	23
Slika 9.	Herbicidni potencijal različitih koncentracija vodenih ekstrakata cvijeta kanadske zlatošipke na Teofrastov mračnjak	23

## 11. POPIS GRAFIKONA

<b>Red. br.</b>	<b>Naziv grafikona</b>	<b>Str.</b>
	Grafikon 1. Herbicidni potencijal vodenih ekstrakata lista kanadske zlatošipke na klijavost sjemena Teofrastovog mračnjaka	13
	Grafikon 2. Herbicidni potencijal vodenih ekstrakata cvijeta kanadske zlatošipke na klijavost sjemena Teofrastovog mračnjaka	14
	Grafikon 3. Herbicidni potencijal vodenih ekstrakata lista kanadske zlatošipke na duljinu korijena klijanaca Teofrastovog mračnjaka	15
	Grafikon 4. Herbicidni potencijal vodenih ekstrakata cvijeta kanadske zlatošipke na duljinu korijena klijanaca Teofrastovog mračnjaka	16
	Grafikon 5. Herbicidni potencijal vodenih ekstrakata lista kanadske zlatošipke na duljinu izdanka klijanaca Teofrastovog mračnjaka	17
	Grafikon 6. Herbicidni potencijal vodenih ekstrakata cvijeta kanadske zlatošipke na duljinu izdanka klijanaca Teofrastovog mračnjaka	18
	Grafikon 7. Herbicidni potencijal vodenih ekstrakata lista kanadske zlatošipke na svježu masu klijanaca Teofrastovog mračnjaka	19
	Grafikon 8. Herbicidni potencijal vodenih ekstrakata cvijeta kanadske zlatošipke na svježu masu klijanaca Teofrastovog mračnjaka	20
	Grafikon 9. Herbicidni potencijal vodenih ekstrakata lista kanadske zlatošipke na suhu masu klijanaca Teofrastovog mračnjaka	21
	Grafikon 10. Herbicidni potencijal vodenih ekstrakata cvijeta kanadske zlatošipke na suhu masu klijanaca Teofrastovog mračnjaka	22

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijek

Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Sveučilišni diplomski studij Bilinogojstvo, smjer Biljna proizvodnja

Diplomski rad

Herbicidni potencijal kanadske zlatošipke (*Solidago canadensis* L.) na Teofrastov mračnjak (*Abutilon theophrasti* Medik.)

Saša Bačić

## Sažetak

Cilj rada bio je utvrditi herbicidni potencijal vodenih ekstrakata kanadske zlatošipke (*Solidago canadensis* L.) na klijavost sjemena i rast klijanaca korovne vrste Teofrastov mračnjak (*Abutilon theophrasti* Medik.). Vodeni ekstrakti lista i cvijeta kanadske zlatošipke (*S. canadensis*) u različitim koncentracijama (1 %, 2,5 % i 5 %) istraženi su u laboratorijskom pokusu u Petrijevim zdjelicama. Rezultati istraživanja pokazali su da se herbicidni potencijal povećavao s porastom koncentracije vodenih ekstrakata. Vodeni ekstrakti nisu značajno smanjili klijavost sjemena, niti suhu masu klijanaca, izuzev vodenog ekstrakta cvijeta u najvišoj koncentraciji. Duljina korijena klijanaca inhibirana je u svim tretmanima, a pri najvišim koncentracijama i za više od 80 % u odnosu na kontrolu. Duljina izdanka i svježa masa klijanaca statistički su značajno snižene, posebice pri višim koncentracijama vodenih ekstrakata lista i cvijeta. U prosjeku je najveći inhibični potencijal zabilježen na duljinu korijena klijanaca. Iako su ekstrakti lista i cvijeta u prosjeku imali podjednak utjecaj, ekstrakti lista pokazali su veće negativno djelovanje na duljinu izdanka i svježu masu klijanaca.

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

**Mentor:** doc. dr. sc. Marija Ravlić

**Broj stranica:** 35

**Broj grafikona i slika:** 19

**Broj tablica:** -

**Broj literaturnih navoda:** 51

**Broj priloga:** -

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Ključne riječi:** alelopatija, biološka kontrola, kanadska zlatošipka (*Solidago canadensis*), Teofrastov mračnjak (*Abutilon theophrasti*), inhibicija, koncentracija

**Datum obrane:** 22.07.2024.

## Stručno povjerenstvo za obranu:

1. prof. dr. sc. Renata Baličević, predsjednik
2. doc. dr. sc. Marija Ravlić, mentor
3. izv. prof. dr. sc. Ankica Sarajlić, član

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



## **BASIC DOCUMENTATION CARD**

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek**

**Graduate thesis**

**Faculty of Agrobiotechnical Sciences**

**University Graduate Studies, Plant Production, course Plant production**

Herbicidal potential of Canadian goldenrod (*Solidago canadensis* L.) on velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medik.)

Saša Bačić

### **Abstract**

The aim of the study was to determine herbicidal potential of Canadian goldenrod (*Solidago canadensis* L.) water extracts on seed germination and seedling growth of the weed species velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medik.). Canadian goldenrod (*S. canadensis*) leaf and flower water extracts in different concentrations (1%, 2.5% and 5%) were investigated in a laboratory experiment in Petri dishes. The results showed that the herbicidal potential increased with the increase in the concentration of the water extracts. Water extracts did not significantly reduce the seed germination, nor the dry seedling weight, except for the flower water extract in the highest concentration. Seedling root length was inhibited in all treatments, and at the highest concentrations by more than 80% compared to the control. Shoot length and fresh weight of seedlings were significantly reduced, especially at higher concentrations of leaf and flower water extracts. On average, the highest inhibitory potential was recorded on the seedling root length. Although leaf and flower extracts had on average an equal effect, leaf extracts showed a greater negative potential on shoot length and fresh weight of seedlings.

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

**Mentor:** PhD Marija Ravlić, Assistant Professor

**Number of pages:** 35

**Number of figures:** 19

**Number of tables:** -

**Number of references:** 51

**Number of appendices:** -

**Original in:** Croatian

**Key words:** allelopathy, biocontrol, Canadian goldenrod (*Solidago canadensis*), velvetleaf (*Abutilon theophrasti*), inhibition, concentration

**Thesis defended on date:** 22 July 2024

### **Reviewers:**

1. PhD Renata Baličević, Full Professor, chair
2. PhD Marija Ravlić, Assistant Professor, mentor
3. PhD Ankica Sarajlić, Associate Professor, member

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