Osjetljivost ambrozije na herbicide foramsulfuron, prosulfuron, tifensulfuron i imazamoks

Rakonić, Tina

Master's thesis / Diplomski rad

2021

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:204:374871

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-24**

Repository / Repozitorij:

Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture

Osjetljivost ambrozije na herbicide foramsulfuron, prosulfuron, tifensulfuron i imazamoks

DIPLOMSKI RAD

Tina Rakonić

Zagreb, rujan, 2021.

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture

Diplomski studij:

Fitomedicina

Osjetljivost ambrozije na herbicide foramsulfuron, prosulfuron, tifensulfuron, i imazamoks

DIPLOMSKI RAD

Tina Rakonić

Mentor:

Izv. prof. dr. sc. Maja Šćepanović

Zagreb, rujan, 2021.

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture

IZJAVA STUDENTA
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Tina Rakonić**, JMBAG 0178109518, rođen/a 21.11.1997. u Nova Gradiška, izjavljujem da sam samostalno izradila/izradio diplomski rad pod naslovom:

Osjetljivost ambrozije na herbicide foramsulfuron, prosulfuron, tifensulfuron i imazamoks

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica/jedini autor ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata/upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____

_____
Potpis studenta / studentice

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta/ice **Tina Rakonić** , JMBAG 0178109518, naslova

Osjetljivost ambrozije na herbicide foramsulfuron, prosulfuron, tifensulfuron i imazamoks

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____ , dana _____ .

Povjerenstvo: potpisi:

1. izv.prof.dr.sc. Maja Šćepanović mentor _____
2. izv. prof. dr. sc. Klara Barić član _____
3. doc. dr. sc. Boris Lazarević član _____

Sadržaj

1. Uvod 1

1.1. Cilj istraživanja 2

2. Pregled literature 3

2.1. Opis vrste *Ambrosia artemisiifolia* L. 3

2.2. Štetnost ambrozije kao invazivne korovne i alergene biljne vrste 7

2.3. Suzbijanje korovne vrste *Ambrosia artemisiifolia* L. 9

2.4. ALS herbicidi 11

2.4.1. Sulfonilureja herbicidi 12
2.4.2. Imidazolinoni 15

3. Materijali i metode rada 16

3.1. Sakupljanje i priprema sjemena 16

3.2. Biotest 16

3.3. Parametri za utvrđivanje osjetljivosti ambrozije na istraživane herbicide 17

3.4. Statistička obrada podataka 17

4. Rezultati rada 18

4.1. Vizualna ocjena oštećenja ambrozije tretirane s linearno padajućim dozacijama istraživanih herbicida 18

4.2. Suha nadzemna masa ambrozije pri istraživanim herbicidima 19

4.3. *Dose-response* krivulja za procjenu doze istraživanih herbicida potrebnu za redukciju svježe nadzemne mase ambrozije 20

5. Zaključak 24

6. Popis literature 25

Životopis 31

Sažetak

Diplomskog rada studenta/ice **Tina Rakonić**, naslova

Osjetljivost ambrozije na herbicide foramsulfuron, prosulfuron, tifensulfuron i imazamoks

Ambrozija je najučestalija korovna vrsta okopavinskih usjeva kontinentalne Hrvatske. Uzrokuje značajne gubitke prinosa poljoprivrednih usjeva, a predstavlja i veliki javno-zdravstveni problem zbog peludi koja je jak alergen za ljude i životinje. U većini ratarskih usjeva ambrozija se suzbija herbicidima inhibitorima acetolaktat sintaze. Cilj ovog istraživanja bio je biotest metodom utvrditi osjetljivost ambrozije na herbicide foramsulfuron, prosulfuron, tifensulfuron i imazamoks. U plasteniku su uzgojene biljke ambrozije te su u razvojnoj fazi BBCH 12-14 tretirane linearno padajućim dozacijama istraživanih herbicida (2x – 1/64x; x= registrirana doza herbicida). Osjetljivost ambrozije utvđena je vizualnom ocjenom oštećenja, 7, 14, 21 i 28 dana nakon tretiranja (DNT) i redukcijom suhe nadzemne mase. Rezultati istraživanja pokazuju da su sva četiri istraživana herbicida učinkovita na ambroziju, ali i da je ambrozija različito osjetljiva na istraživane herbicide. Simptomi oštećenja nadzemne mase ambrozije progresivno su rasli od prve (7 DNT) do zadnje vizualne ocjene oštećenja (28 DNT) za sve istraživane herbicide. Najjača oštećenja nadzemne mase ambrozije utvrđena su kod herbicida foramsulfuron (94% - 28 DNT), a najmanja kod imazamoksa (78% - 28 DNT) pri registriranim dozacijama herbicida. Logisičkim krivuljama procijenjene su dozacije herbicida za 90%-tnu redukciju svježe nadzemne mase ambrozije (ED_{90}): foramsulfuron = 10,11 ha^{-1} g; tifensulfuron = 5,34 g ha^{-1} imazamoks = 102,4 g ha^{-1}. Dobiveni podaci ukazuju da je ambrozija pokazala različitu osjetljivost ovisno o aktivnoj tvari ALS herbicida pa su herbicidi rangirani prema procijenjenoj dozi potrebnoj da reducira 50 ili 90% nadzemne mase ambrozije (od boljeg prema lošijem): prosulfuron<foramsulfuron<tifensulfuron<imazamoks.

Ključne riječi: *Ambrosia artemisiifolia* L., sulfonilureja, imidazolinoni, ALS herbicidi, ED_{90}

Summary

Of the master's thesis - student **Tina Rakonić**, entitled

Susceptibility of common ragweed to the herbicides foramsulfuron, prosulfuron, thifensulfuron and imazamox

Ambrosia is the most common weed species of root crops in continental Croatia. It is an extremely aggressive weed species and due to its characteristics it is considered invasive. It causes significant losses in crop yields and is a major public health problem due to pollen, which is a strong allergen for humans and animals. The purpose of this research was to confirm, by the bio-test method, susceptibility of ragweed to the herbicides foramsulfuron, prosulfuron, thifensulfuron and imazamox. Plants were grown in the greenhouse and in the development phase BBCH 12-14 were treated with linearly decreasing dosing of investigated herbicides (2x - 1 / 64x; x = registered dose of herbicides). The sensitivity of ragweed was determined by visual assessment of damage, 7, 14, 21 and 28 days after treatment (DAT) and reduction of dry above ground mass (28 DAT). The results of the study show that all four investigated herbicides are effective on ragweed, but also that ragweed is differently sensitive to the researched herbicides. Symptoms progressively increased from the first assessment (7 days after treatment-DAT) from the last (28 DAT) for all herbicides investigated. The strongest phytotoxic symptoms was found with in the herbicide foramsulfuron (94% - 28 DNT), and the smallest with imazamox (78% - 28 DNT) at registered herbicide dosages. *Dose-response* curves were used to estimate dosing for reduction 90% of fresh above ground ragweed mass (ED_{90}): foramsulfuron = 10.11 g ha^{-1}, thifensulfuron = 5,34 g ha^{-1}, imazamox = 102.4 g ha^{-1}. The obtained data indicate that ragweed showed different sensitivity depending of the active substance of the ALS herbicide, so the herbicides were ranked according to the estimated dose required to reduce 50 or 90% of the above ground ragweed mass (from better to worse): prosulfuron<foramsulfuron<tifensulfuron<imazamox.

Keywords: *Ambrosia artemisiifolia* L., sulfonylurea, imidazolinones, ALS herbicides, ED_{90}

1. Uvod

Ambrozija (*Ambrosia artemisiifolia* L.) je jednogodišnja širokolisna, izrazito agresivna i invazivna korovna vrsta koja stvara velike probleme u poljoprivredi zbog velikih kompeticijskih sposobnosti. Smatra se najvažnijim i najučestalijim korovom okopavina (Ostojić, 2011), ali zakorovljuje i ruderalne površine. Osim štetnosti kao korovne vrste u usjevima, ambrozija alergenim peludom predstavlja problem za ljude i životinje gdje prema procjenama Zavoda za javno zdravstvo[1] kod 10% ljudi izaziva teške alergije. Prema EPPO (European Plant Protection Organization[2]) svrstana je na listu invazivnih korova. U Hrvatsku je ambrozija unešena 1940. godine sa sjemenom crvene djeteline, a danas je najzastupljenija na području Slavonije (Ostojić i sur., 1992).

Kemijski način suzbijanja korova mjera je koja se još uvijek najčešće primjenjuje te pokazuje najučinkovitije rezultate. ALS herbicidi su herbicidi koji mehanizmom djelovanja inhibiraju enzim acetolaktat sintazu. To su izraziti translokacijski herbicidi, a ovisno o spektru djelovanja pojedinog herbicida suzbijaju jednogodišnje i višegodišnje uskolisne i širokolisne korovne vrste (Šćepanović i sur. 2020). Redovito se koriste u glavnim ratarskim kulturama: kukuruzu, pšenici, soji i strnim žitaricama. Uvođenjen ALS herbicida, kemijske mjere borbe protiv korova u kukuruzu su znatno unaprijeđene (Bažok i sur., 2020). Analizom potrošnje pesticida u Hrvatskoj u razdoblju od 2012. do 2017. utvrđeno je da su ALS herbicidi dominantni po potrošnji (Barić i sur., 2019). U skupinu inhibitora acetolaktaze svrstane su četiri kemijske grupe herbicida: sulfonilureja, imidazolinoni, triazolopirimidini i triazoloni.

Herbicidi koji su cilj istraživanja ovog diplomskog rada su foramsulfuron, prosulfuron, tifensulfuron i imazamoks. Od navedenih imazamoks pripada u skupinu imidazolinona, a ostali u skupinu sulfornilureja herbicida. Svi navedeni herbicidi registrirani su za suzbijanje ambrozije u kukuruzu (prosulfuron, foramsulfuron i tifensulfuron) i soji (imazamoks, tifensulfuron). Nurse i sur. (2007) navode da foramsulfuron primijenjen u registriranoj dozi reducira više od 80% mase ambrozije. Vrbničanin i sur. (2015) navode 79%-tnu redukciju suhe nadzemne mase ambrozije tretirane imazamoksom. Malidža i sur. (2002) navode učinak imazamoksa na ambroziju od 98% u usjevu suncokreta, a bolji rezultati dobiveni su tretiranjem u ranijim fazama korova.

Iako je većina ALS herbicida visoko učinkovita na ambroziju, osjetljivost ambrozije specifična je ovisno o brojnim biotičkim i abiotičkim čimbenicima te aktivnoj tvari iz skupine. Tema ovog rada je biotest metodom utvrditi osjetljivost ambrozije na herbicide foramsulfuron, prosulfuron, tifensulfuron i imazamoks.

[1] https://www.zzjzdnz.hr/hr/naslovna/pelud/480 , pristupljeno 31. kolovoza 2021. godine
[2] https://gd.eppo.int/taxon/AMBEL/categorization , pristupljeno 31. kolovoza 2021. godine

1.1. Cilj istraživanja

- Biotest metodom utvrditi osjetljivosti ambrozije na herbicide imazamoks, tifensulfuron, foramsulfuron i prosulfuron vizualnom ocjenom oštećenja ambrozije te redukcijom suhe nadzemne mase ambrozije. Temeljem dobivenih podataka cilj rada je procijeniti dozu navedenih herbicida potrebnu da reducira 50% i 90% nadzemne mase ambrozije.

2. Pregled literature

2.1. Opis vrste *Ambrosia artemisiifolia* L.

Ambrosia artemisiifolia L. u narodu je poznata pod nazivima: ambrozija, pelinolisni limundžik i partizanka. Naziv limundžik dobila je po peludnim zrncima koja su žute boje i koje se proizvode u velikom broju (Ostojić, 2005). Rod *Ambrosia* prvi je opisao Linnaeus te obuhvaća oko 42 vrste (Allardd, 1943). U Europi je prisutno tek pet vrsta (*Ambrosia artemisiifolia* L., *A. trifida* L., *A. coronopifolia* Torr et Gray, *A. maritima* L. i *A. tenuifolia* Spreng), dok je *A. artemisiifolia* najrasprostranjenija (Galzina i sur., 2010). Jednogodišnja je širokolisna korovna vrsta iz porodice glavočika, Asteracea. Porijeklom je iz Srednje i Sjeverne Amerike gdje je prvi puta kao korov zabilježena 1838. godine, a u Europi se pojavila nakon Prvog svjetskog rata (Comtois, 1998) nakon čega je unesena u brojne zemlje diljem svijeta. Na području Hrvatske, njezine sjemenke su prvi puta zamijećene 1940. godine od strane prof. dr. Josipa Kovačevića u sjemenu crvene djeteline podrijetlom iz Pitomače (Ostojić i sur., 1992) odakle i jedan od narodnih naziva, partizanka. Već tada je ukazao na njenu štetnost i potrebu za suzbijanjem (Novak i Kravarščan, 2011). Od tada do danas ambrozija se proširila gotovo čitavom Hrvatskom, s naglaskom na istočnu i središnju Hrvatsku. Najviše je ima na prostoru između Save i Drave, ali sve se više širi i uz obalu, od Rijeke pa sve do ušća Neretve (Ostojić, 2005.; Galzina i sur., 2010).

Postoje brojne teorije širenja ambrozije dok je najučestalije širenje od strane čovjeka. Također, spominje se i širenje putem vjetra (Bassett i Crompton, 1975; Essl i sur., 2015) iako ovaj način igra malu ulogu obzirom da u jednom istraživanju sjeme ambrozije nije pronađeno ni na dva metra od majčinske biljke (Dickerson, 1968). Ambroziju mogu širiti ptice i glodavci (Nitzsche, 2010) te se može širiti vodom (Fumanal i sur. 2007), ali ovi načini nemaju značajnu ulogu. Kazinczi i sur. (2008) navode da za brzo širenje ambrozije veliku ulogu imaju poljoprivredni strojevi koji prenose sjeme na druge lokacije. Osim toga, sjeme suncokreta i drugih usjeva može biti kontaminirano sa sjemenom ambrozije pa i ovaj način predstavlja put širenja ambrozije na nove lokacije (Merete Buttenschøn i sur., 2009). Bullock i sur. (2012) navode da je temperatura jedan od bitnijih čimbenika koji ograničavaju širenje sjemena ambrozije (npr. u hladnijim uvjetima sjeme ne sazrijeva) te da klimatske promjene mogu povećati rasprostranjenost ambrozije.

Masa 1000 sjemenki ambrozije varira između ili unutar populacija ili ovisno o uvjetima rasta (obrađeno ili neobrađeno tlo). Višić (2021) navodi prosječnu masu 1000 sjemenki ambrozije 4,41 g na 10 istraživanih lokacija različitih dijelova kontinentalne Hrvatske. Prema Šoštarčić i sur. (2020) prosječna masa 1000 sjemenki ambrozije iznosi od 4,05 (lokacija Jastrebarsko) do 4,54 g (lokacija Popovača).

Ambrozija je korov uspravnog habitusa koji naraste do 120 cm. Stabljika je obrasla dlačicama te ima perasto razdijeljene listove (slika 2.1.). Javlja se već od ranog proljeća pa ju smatramo pionirom jednogodišnjih korova u umjerenim područjima. Antunović (2013) je provodila trogodišnje istraživanje gdje se pratio fenološki razvoj ambrozije u okopavinskim usjevima. Ambrozija je nicala od kraja travnja do polovice

svibnja, odnosno dva tjedna nakon sjetve. Klijanje započinje nakon što se u 5 cm gornjeg sloja tla temperatura ustali iznad 6°C (Rašić 2011). Nicanje počinje rano u proljeće, a nastavlja se tijekom cijelog ljeta (Ostojić, 2005). Isti autor navodi da biljke koje niknu rano u proljeće imaju dugo vegetacijsko razdoblje, većeg su habitusa, više proizvode sjemena i peludi. Ambrozija podnosi temperature tla 11-13°C (Forcella i sur., 1997) te je osjetljiva na mraz (King, 1966). Kasni proljetni mrazovi uništavaju klijance, a rani jesenski prekidaju vegetaciju (Essl i sur., 2015). Rijetko raste na nadmorskoj visini većoj od 1000 m (Allard, 1943). Može rasti na glinenim ili pjeskovitim tlima, ali dobro uspijeva i na mokrim, teškim tlima pri pH 6,0-7,0 (Bassett i Crompton, 1975).

Ambrozija nije jako osjetljiva na tip tla, tolerira i sušu te brzo postaje dominantan korov (Rašić, 2011). Biljke koje rastu pri optimalnom pH su snažne i masivne (Bassett i Crompton, 1975). Ambroziji pogoduju svjetla, otvorena staništa, a u početnim fazama razvoja nije fotoosjetljiva (Deen i Swanton, 2001). Leskovšek i sur. (2012) navode da visoke razine dušika pospješuju bolji rast nadzemne mase biljaka, povećavajući tako njihovu sposobnost da se natječu za svjetlost. Veće koncentracije CO_2 u atmosferi dovode do boljeg rasta biljaka, proizvodnje sjemena i peludi (Essl i sur., 2015). Udvostručenje koncentracije CO_2 potiče proizvodnju peludi za 61% (Wayne i sur., 2002).

Fotoperiod i temperatura su glavni čimbenici koji utječu na rast i razvoj ambrozije. Ima širok raspon temperatura za klijanje, između 7°C i 28°C s optimumom od 15°C. Dugi dani pogoduju stvaranju muških cvjetova, dok skraćeni dani razvoju ženskih cvjetova (Ziska i sur., 2003). Prema načinu obavljanja fotosinteze pripada C3 skupini, slabije obavlja fotosintezu i fotorespiraciju te životni ciklus završava za 115–183 dana (Bassett i Crompton, 1975., Beres, 1994., Kazinczi i sur., 2008). Feher i sur. (1998) navode da visoke dnevne temperature pospješuju oprašivanje, dok kiša i vjetar smanjuju. Dickerson (1968) je napravio eksperiment u kojem je pokušao definirati optimum temperatura za klijanje. Korištene su temperature 10, 20, 30 i 40°C u trajanju 8, 14 i 24 sata. Najbolju klijavost od 75% postigle su naizmjenične temperature 10°C tijekom 16 sati i 30°C tijekom 8 sati u ciklusima od 24 sata. Također je utvrdio da je za klijanje potrebna vlažnost tla od 14 do 22%.

Slika 2.1. Nadzemni izgled ambrozije
Izvor: NationalAllergy
https://www.natlallergy.com/learning/blog/2014/01/07/ragweed-allergies/ - pristup: 30. svibnja 2021.

Ambrozija ima širok raspon duljine i širine sjemena što potvrđuje njezinu varijabilnost. Plod ambrozije je roška (slika 2.2.). Višić (2021) je istraživao dimenzije sjemena ambrozije između 10 različitih populacija ambrozije. Duljine roške ambrozije kretale su se u rasponu od 3,56 mm do 4,16 mm, a širine roške ambrozije kretale su se u rasponu od 1,86 mm do 2,15 mm. Proizvodnja sjemena povezana je s biomasom biljke (Essl i sur., 2015), ali i kompeticijom s drugim biljnim vrstama i ekološkim čimbenicima (Rašić, 2011). Ambrozija proizvodi velik broj sjemenki, između 300 i 6000 (Fumanal et al., 2007), dok velike biljke proizvode i do 62 000 sjemenki (Dickerson i Sweet, 1971). Ambrozija ima perzistentnu banku sjemena. Toole i Brown (1946) su utvrdili da sjeme ambrozije u tlu može ostati vijabilno 39 i više godina.

Ambrozija se razmnožava samo sjemenom. Produkcija sjemena ovisi o veličini biljke. Sjeme sazrijeva krajem kolovoza i početkom rujna. Ambrozija posjeduje endogenu dormantnost sjemena koja uključuje biljne hormone regulatore rasta – giberelinsku kiselinu (GA) i apscizinsku kiselinu (ABA) (Baskin i Baskin, 2004) pa do klijanje ne dolazi kad ABA dominira nad GA.

Dormantnost sjemena ambrozije povećava uspješnost njenog širenja i preživljavanja i pri lošijim uvjetima (Bazzaz, 1970). Willemsen (1975) navodi da primarnu dormantnost sjemena može prekinuti niska temperatura tijekom zime, nekoliko dana na temperaturi od 4°C te sjemenke koje ne kliju sljedeće proljeće ulaze u sekundarno mirovanje (Bazzaz, 1970). Sekundarna dormantnost može biti izazvana mrakom, niskom temperaturom i visokim koncentracijama CO_2 (Bazzaz, 1979), dok ju u poljskim uvjetima mogu izazvati vruća suha ljeta (Essl i sur., 2015). U sekundarnoj dormantnosti sjeme se može nalaziti godinama i tako preživjeti povremene nepovoljne

uvjete[3]. Velika produkcija sjemena, dugovječnost sjemena u tlu, adaptabilnost kao i obilna produkcija polena čine ovu vrstu jednom od problematičnih korova ruderalnih i segetalnih površina (Šoštarčić i sur, 2019). Vrlo je važno smanjiti količinu sjemena u tlu kako bi se to u budućnosti odrazilo na smanjen broj biljaka (Bohren i sur., 2008).

Slika 2.2. Sjeme ambrozije
Izvor: Canada.ca
https://inspection.canada.ca/active/netapp/idseed/idseed_gallerye.aspx?itemsNum=128&famkey=&family=&keyword=&letter= - pristup 30. svibnja 2021.

Sve se više govori o alelopatskim odnosima kao mehanizmu koji negativno ili pozitivno utječe na okolne biljke te se smatra da ih puno invazivnih korova posjeduje. Prema Xuan i sur. (2004) listovi najčešće imaju najveći alelopatski potencijal što znači da je u njima prisutna najveća koncentracija alelokemikalija. Ambrozija sadrži fenolne spojeve i terpene (Beres i sur., 2002) te ima alelopatski učinak na druge biljke. Vodeni ekstrakti i biljni ostatci pokazuju alelopatski utjecaj na brojne kulture poput pšenice, kukuruza, soje, suncokreta (Bašić i sur., 2017). Bruckner i sur. (2003) su istraživali toksični učinak ambrozije na druge biljke te su vodeni ekstrakti suhog lišća ambrozije značajno smanjili klijavost istraživanih usjeva, dok je ekstrakt kloroforma iz ambrozije inhibirao rast i smanjio koncentracije klorofila iz dvije zelene alge. Također, Bašić i sur. (2017) su istraživali utjecaj vodenih ekstrakata nadzemne mase ambrozije na početni rast korova *Hibiscus trionum* L. (mjehurasta sljezolika), *Taraxacum officinale* Web. (maslačak) i kukuruza. Rezultati su pokazali inhibiciju početnog rasta istraživanih korova i kukuruza, posebno pri većim koncentracijama ekstrakata (10%), dok je se najosjetljivijim pokazao maslačak. Vidotto i sur. (2013.) istraživali su utjecaj biljnih ostataka ambrozije na nicanje i rast ljubičaste svračice (*Digitaria sanguinalis* L.) te uvrdili smanjeno nicanje za 90% pri inkorporaciji 3 g biljnih ostataka, dok na koštan (*Echinochloa crus-galli* L.) biljni ostatci nisu imali utjecaj. Alelopatski potencijal biljaka može se iskoristiti u pronalaženju prirodnog herbicida u cilju smanjenja primjene kemijskih sredstava za zaštitu bilja (Novak i Novak, 2016).

[3] http://internationalragweedsociety.org/smarter/wp-content/uploads/Ambrosia-management-guidelines-2009_AMBROSIA-EUPHRESCO_eng.pdf , prisupljeno 30. svibnja 2021.

2.2. Štetnost ambrozije kao invazivne korovne i alergene biljne vrste

Ambrozija se smatra invazivnom korovnom vrstom s obzirom na njezinu veliku pokrovnost po jedinici površine te ima negativan ekonomski učinak na poljoprivredu smanjivanjem prinosa usjeva, kvalitetom usjeva i otežanom žetvom. Prisutna je na EPPO listi invazivnih biljnih vrsta. Ambrozija je izrazito agresivna korovna vrsta zahvaljujući svome jakom korijenskom sustavu i bujnoj nadzemnoj masi. Iz tla iznosi velike količine hraniva i time osiromašuje tlo. Stvara velike probleme u poljoprivredi jer je usjevima konkurent za prostor, hraniva, vodu i svjetlost te proizvodi veliku količinu sjemena. Ugrožava gotovo sve poljoprivredne kulture i jako ju je teško iskorijeniti s poljoprivrednih površina. Čisto i obrađeno tlo posebno pogoduju širenju ambrozije (Rašić, 2011).

Slika 2.3. Zakorovljenost suncokreta ambrozijom
Izvor: EPPO Global Database
https://gd.eppo.int/taxon/AMBEL/photos - pristup 30.svibnja 2021.

Visoku gustoću populacije pronalazimo u suncokretu. Pripadaju istim porodicama – Asteraceae pa su mogućnosti izbora herbicida ograničene (slika 2.3). Kazinczi i sur. (2008) navode značajne gubitke u poljima suncokreta, kukuruza i soje zbog kompeticije za svjetlost, vodu hraniva i prostor. Također, prisutna je na strništima nakon žetve te se ta mjesta smatraju žarištem ambrozije (Rašić, 2012). Sjeme ambrozije pronađeno je i u silaži gdje može ostati klijavo do godinu dana (Lešnik, 2001). Varga i sur. (2002) izvješćuju da 26 biljaka ambrozije po m² smanjuje prinos kukuruza 69-73%, a u slučajevima visoke brojnosti biljaka može potpuno uništiti proizvodnju (Božić, 2018). Ekonomski prag štetnosti prema nekim istraživanjima u soji je procijenjen na 0,17 do 0,49 biljaka/ m² pri homogenoj zakorovljenosti, dok se prag štetnosti pri nehomogenoj zakorovljenosti u soji kreće između 0,31 do 0,50 biljaka m². Osim toga, ambrozija se redovito javlja pokraj putova i željezničkih pruga te na ostalim ruderalnim staništima (Rašić, 2011) (slika 2.4.).

Slika 2.4. Prisutnost ambrozije na ruderalnim staništima
Izvor: freenatureimages.eu
http://www.freenatureimages.eu/plants/Flora%20A-B/Ambrosia%20artemisiifolia%2C%20Common%20Ragweed/index.html - pristup 30. svibnja 2021.

U našoj zemlji ambrozija se nalazi na prvom mjestu popisa najučestalijih širokolisnih korovnih vrsta u okopavinskim usjevima (Ostojić, 2011). Danas u Europi najugroženijom zemljom od ambrozije smatra se Mađarska (Rašić, 2011) no veliku pokrovnost zauzima i u drugim susjednim zemljama Hrvatske.

Osim u poljoprivredi, ambrozija stvara i velike zdravstvene probleme. Pelud ambrozije jako je alergen i tijekom ljetnih mjeseci izaziva brojne tegobe kod ljudi i životinja (Laaidi i sur., 2003), poznatiji pod nazivom alergijski rinitis. To je alergijska bolest gornjih dišnih puteva koja se javlja sezonski kada je koncentracija peludi u zraku najveća.[4] Antunović (2013) navodi da je vrhunac polincije od 20. kolovoza do 5. rujna. Pelud je identificirao Morril Vyman 1872. godine, a sadrži preko 60 različitih proteina koji uzrokuju polinoze (Bagarozzi, 1996). Pelud ambrozije izaziva više problema nego li sve druge alergogene biljke zajedno (Wodehouse, 1971), a broj alergičnih iz godine u godinu raste. Neki autori navode da je 10% populacije Hrvatske alergično na pelud ambrozije, a u Europi je svaka peta ili šesta osoba alergična (Vitanyi i sur., 2003). Praćenje peludi ambrozije u Europi ima dugu povijest. Prvi monitoring peludi proveden je u Francuskoj 1960. godine (Peternel i sur., 2005), dok je u Hrvatskoj to bilo u Osijeku 2001. godine (Štefanić i sur., 2005). Napravljeni su peludni kalendari, prognoze, alergijski semafori, koji pokazuju prisutnost pojedinih peludnih alergena, što pomaže osjetljivim osobama u prevenciji simptoma. Najviše peludi ambrozije u zraku nalazi se od kolovoza, pa sve do kraja studenog, ili do pojave prvog mraza (Daniels, 2004).

[4] https://www.zzjzdnz.hr/hr/naslovna/pelud/480 , pristupljeno 2. lipnja 2021.

Klimatske promjene značajno utječu na koncentraciju peludi u zraku te početak i trajanje sezone polinacije. Visoke temperature i koncentracije CO_2 u urbanim područjima mogu izazvati veću proizvodnju peludi nego u ruralnim. Također, biljke u urbanim područjima brže rastu, ranije cvjetaju i stvaraju veću nadzemnu masu (Ziska i sur., 2003). Povećanjem temperature zraka raste i koncentracija peludi u zraku, dok povećanjem relativne vlage opada koncentracija peludi u zraku (Rašić, 2012). Ambrozija proizvodi pelud u ogromnim količinama, a može otpustiti i do 8 000 000 peludnih zrnaca po biljci. Peludna zrnca ambrozije su aerodinamična te ih vjetar može nositi na velike udaljenosti (Rašić, 2011). Brzina migracije biljke je 6 do 20 kilometara godišnje, s istoka na zapad, te su koncentracije peludi ambrozije zadnjih godina na Jadranu dosegle visoke granice[5], što se negativno odražava na turizam. Veliku važnost ima sustavno i dobro organizirano praćenje ambrozije. Kada bi spriječili širenje priobalnim dijelovima Hrvatske to bi smanjilo njezinu rasprostranjenost na južne dijelove i otoke. Peternel i sur. (2005) navode da je pelud ambrozije na trećem mjestu s obzirom na ukupnu količinu peludi u Središnjoj Hrvatskoj. Najvažniji način sprječavanja peludi ambrozije koji će pomoći alergičarima je njezino suzbijanje.

2.3. Suzbijanje korovne vrste *Ambrosia artemisiifolia* L.

Suzbijanje ambrozije zahtjevan je proces i zahtjeva dobru agronomsku praksu, štoviše jer ambrozija na neke herbicide razvija rezistentnost i sve se više rasprostranjuje na nova područja. Prevencija je jedan od najučinkovitijih metoda suzbijanja korova. Kako bi se preventivne mjere učinkovito provele one trebaju biti usmjerene na ona područja koja su pogodna za rast određene korovne vrste, odnosno ambrozije (Merete Buttenschøn i sur., 2009). Najdjelotvorniji način suzbijanja ove korovne vrste kao i drugih štetnih organizama uključuje kombinaciju svih mjera, odnosno integrirani način suzbijanja. Način suzbijanja ambrozije ovisi o staništu i raspoloživim sredstvima, ali pri odabiru treba voditi računa o učinkovitosti i ekonomskoj isplativosti (Antunović, 2013).

Mjere suzbijanja obuhvaćaju kemijske, mehaničke, agrotehničke i biološke mjere, a zbog štetnosti sve veći značaj imaju i administrativne mjere. Izbor metode ovisi o broju biljaka, njihovoj fenološkoj fazi, banci sjemena, vrsti staništa i dr. U Hrvatskoj je 2007. godine donesena Naredba o poduzimanju mjera obveznog uklanjanja ambrozije, prema kojoj ambroziju koja se nalazi na privatnim površinama dužne su uklanjati privatne osobe, dok je za ambroziju na javnim površinama odgovorna država, a sve u cilju njenog suzbijanja i sprječavanja daljnjeg širenja na području Republike Hrvatske[6]. Nažalost, ova mjera je prestala važiti stupanjem na snagu novog Zakona o biljnom zdravstvu 2019. godine jer ambrozija za fitosanitarnu politiku i biljno zdravstvo ne predstavlja problem kao bolest. Predmet njihovog nadzora jesu štetni organizmi od posebne opasnosti za bilje i biljne proizvode, tzv. karantenski štetnici. To su oni štetnici kojih nema na području Europske unije ili su prisutni na

[5] http://www.zzjzkzz.hr/dokumenti/AMBROZIJA-CLANAK.pdf, pristupljeno 30. svibnja 2021.
[6] http://www.zzjzkzz.hr/dokumenti/AMBROZIJA-CLANAK.pdf , pristupljeno 13. lipnja 2021.

nekom ograničenom području i učinkovito se mogu suzbijati samo karantenskim mjerama. Ambrozija se ne smatra karantenskim štetnim organizmom te ne ispunjava uvjete za uvrštenje na karantensku listu štetnih organizama Unije. Ambrozija je široko rasprostranjena u Europi, ali za takve organizme se ne propisuju službene mjere ili se one vremenom ukidaju.

Mehaničke metode suzbijanja učinkovite su obzirom da je ambrozija jednogodišnja vrsta, ali primjenjive su samo na manjim površinama, ne pokazuju dovoljno dobre rezultate i skupe su. One podrazumijevaju duboko oranje kako bi sjeme ambrozije zakopali na veću dubinu, iskorjenjivanje biljaka koje je učinkovito prije sazrijevanja sjemena kako bi se spriječilo osipanje sjemena i prije cvatnje kako bi se izbjeglo širenje peludi, zatim okopavanje biljaka u fazi dva lista, košnja radi prevencije stvaranja sjemena (Merete Buttenschøn i sur., 2009).

Prednost treba dati i plodoredu uključujući usjeve koji lakše potisnu rast ambrozije (Essl i sur., 2015) koja je heliofilna biljna vrsta i posebice osjetljiva na nedostatak svjetlosti. Tako se pozitivna pokazala sjetva biljaka gustog sklopa odnosno zatvorenog vegetacijskog pokrova u kombinaciji s košnjom. Sjetva *Lolium perenne* (engleski ljulj) smanjila je njenu biomasu za više od 95%, dok je sjetva *Medicago sativa* (lucerna) također inhibirao rast amborzije za 91% (Essl i sur., 2015). Prednost ovih mjera je ta što ne onečišćuju tlo i vodu pa su ekološki prihvatljive (Dechamp, 1999). Isto tako, agrotehničke mjere, znatno utječu na smanjenje populacije ambrozije.

Zbog toga što sa sjemenom ambrozije na novo područje nisu unijeti prirodni neprijatelji s kojima se inače susreće, ambrozija se brzo širi (Evans i sur., 2001.; Ostojić, 2005) pa kada govorimo o biološkom suzbijanju, da bi bilo učinkovitije treba ga kombinirati s drugim mjerama. U Europi često prirodni neprijatelji ne postižu dovoljnu gustoću koja bi mogla nanijeti značajna oštećenja na ambroziji (Essl i sur., 2015). Često se spominje kukac *Ophraella communa,* unesen iz Sjeverne Amerike, koji je jedan od rijetkih prirodnih neprijatelja ambrozije koji je učinkovit. LeSage (1986) prvi je opisao ovog kukca. Na ambroziji se mogu pronaći svi razvojni stadiji ovog kukca te nekoliko jedinki na ambroziji mogu potpuno uništiti ambroziju prije proizvodnje peludi (Kim i Lee, 2018). Brojna istraživanja bilježe značajan pad koncentracije peludi ambrozije zahvaljujući ovom kukcu (Mouttet i sur., 2018; Schaffner i sur., 2020; Zhou i sur., 2011; Bonini i sur., 2016). Kiss (2007) navodi da bi ovaj kukac mogao biti vrlo učinkovit u suzbijanju ambrozije jer se hrani lišćem no zbog klime koju preferira ovaj kukac bi mogao ostati ograničen na područja u Europi s toplim ljetima (Zhou i sur. 2010). Mnogi ga ne preporučuju jer čini štete i na suncokretu (Palmer, 1991). Usprkos svemu, nakon opsežnih terenskih ispitivanja kada bi Ophraella uspostavila veliku populaciju, mogla bi imati snažan potencijal kao biološki agens u suzbijanju ambrozije. Guo i sur. (2011) spominju da se ovaj kukac uspješno koristi za biološko suzbijanje ambrozije i u Kini. Prema Božiću (2018) koristi se i u Srbiji za suzbijanje ambrozije. Stoga, ovom kukcu treba pridati više pažnje kako bi se razvila nova strategija biološkog suzbijanja ambrozije (Kim i Lee, 2018). Vidović i sur. (2016) istražuju učinak grinje *Aceria artemisiifoliae* sp. nov. Također, pozitivan primjer dolazi iz Australije gdje *Zygogramma bicolorata* Pallister i moljac *Epiblema strenuana* Walker na ambroziji čine značajne štete (McFayden, 2008). Zhou i Chen (2014) navode da bi kombinacija

Ophraella-e i *Epiblemae* bila vrlo učinkovita, tim više što oba kukca mogu preživjeti zimi. Pronađeno je i da gljiva *Septoria* sp. uzrokuje nekroze lista i naposljetku uvenuće biljke (Bohar i Schwarczinger, 1999).

U većini poljoprivrednih kultura koje zakorovljuje ambrozija postoje kvalitetna herbicidna rješenja. Ograničavajući faktor za suzbijanje herbicidima jest rezistentnost do koje je dovela učestala primjena herbicida. Herbicidi se u poljoprivredi za suzbijanje ambrozije koriste 50 godina (pr. 2,4-D). U posljednje vrijeme postoje mnogi slučajevi rezistentnosti ambrozije na ALS herbicide i glifosat (Essl i sur., 2015). Prema podacima HRAC-a (Herbicide Resistance Action Committee) koji evidentira pojavu rezistentnosti korova na herbicide, trenutno je prijavljeno 502 slučaja rezistentnosti u 94 usjeva i 71 zemlji. Najveći broj slučajeva rezistentnosti utvrđeno je u hektarski najvećim kulturama gdje se herbicidi najviše i najdulje primjenjuju (Heap, 2021). Pojava rezistentnih biotipova korova u svijetu najviše je razvijena na četiri najznačajnije grupe herbicida (ALS inhibitori, inhibitori fotosinteze u fotosistemu II, ACC-aze inhibitori i inhibitori EPSP sintaze)[7]. Za korovnu vrstu ambrozija postoji 38 prijavljenih slučajeva rezistentnosti diljem svijeta u različitim usjevima i na različite herbicide.

U okopavinskim kulturama za suzbijanje ambrozije učestalo se koriste herbicidi inhibitori acetolaktat sintaze (ALS). Iako je većina visoko učinkovita na ambroziju, osjetljivost ambrozije specifična je ovisno o aktivnoj tvari iz skupine ALS herbicida.

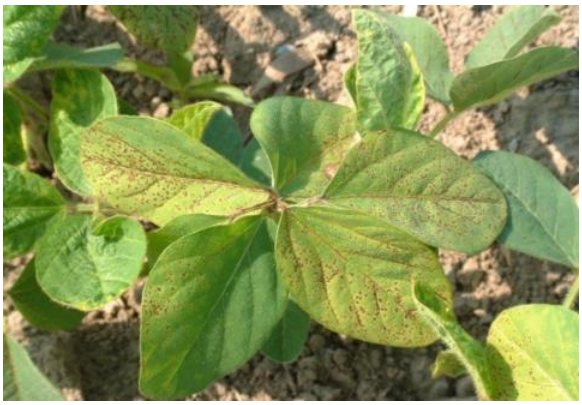
2.4. ALS herbicidi

Inhibitori acetolaktat sintaze (ALS) prema HRAC[8] mehanizmom djelovanja inhibiraju enzim acetolaktat sintazu (ALS) uzrokujući inhibiciju esencijalnih aminokiselina valina, leucina i izoleucina, a potom zaustavljaju diobu stanica. Prisutnost ovog enzima najviše je zastupljena u mladom meristemskom tkivu pa su prvi simptomi vidljivi na mladom lišću biljnih vrsta (Šćepanović i sur., 2020). U ALS skupinu herbicida ubrajaju se četiri kemijske skupine herbicida: sulfonilureja herbicida, imidazolinoni, triazolopirimidini i triazoloni. ALS herbicidi su translokacijski herbicidi (kreću se i floemom i ksilemom) koji selektivnost pokazuju primjenom malih količina herbicida (Topolovec, 2008). Primjenjuju se u hektarski najvećim kulturama, poput kukuruza, strnih žitarica, soje, šećerne repe, suncokreta i dr. Prema Barić i sur. (2019) ukupna utrošena količina sulfonilureja herbicida u 2017. godini je 10218 kg, gdje najveći dio otpada na kukuruz (4651 kg), zatim žitarice (1860 kg), soja (3185 kg), šećerna repa (500 kg), vinogradi (9 kg), voćnjaci (9 kg) i maslinici (4 kg). Za imidazolinone iznosi 1791 kg gdje je cijela utrošena količina primjenjena u soji. Također, koriste se i na nekim povrtnim kulturama te na nepoljoprivrednim zemljištima (Šćepanović i sur., 2020).

Simptomi koji uzrokuju ALS inhibitori slični su kod svih herbicida ovog mehanizma djelovanja iako simptomi variraju ovisno o herbicidu, vremenu aplikacije i biljnoj vrsti koju se tretira. Samim vizualnim pregledom jako je teško uočiti o kojem je

[7] www.weedscience.org, pristupljeno 13. lipnja 2021.
[8] Hebicide Resistance Action Committe

herbicidu riječ, štoviše, jer slični simptomi često mogu biti posljedica biotičkih i abiotičkih čimbenika koji nisu povezani s inhibitorima ALS. Prestanak sinteze proteina, nukleinskih kiselina, diobe stanice, izduživanje mladog lišća i korijena, posljedica su inhibicije ovog enzima koje prestaju već nekoliko sati nakon aplikacije dok simptome na biljkama možemo uočiti tek nakon nekoliko dana. Prvi simptomi se uočavaju na mladom meristemskom tkivu, poput kloroze, nekroze, naboranosti i venuća lista te na kraju i cijele biljke. Karakterističan simptom ALS herbicida je crvenilo lisnih žila (Topolovec, 2008) (slike 2.5.; 2.6.). Listovi koji se razvijaju nakon tretmana su klorotični, naborani, zakržljali i iskrivljeni. Biljke mogu pokazivati klorozu, crvene listove, ljubičaste, nekrotične (smeđe) rubove listova i postupnu smrt. Također, mogu zaustaviti terminalni i bočni rast te uzrokovati odumiranje vrhova izdanaka. Stabljike mogu razviti tamnocrvenu boju s nekrotičnim lezijama i pukotinama.[9]



Slike 2.5.; 2.6. Simptomi herbicida na kukuruzu (lijevo) i na soji (desno)
Izvor: Herbicide symptoms
http://herbicidesymptoms.ipm.ucanr.edu/?selectedAI=22 – pristup 27. srpnja 2021.

2.4.1. Sulfonilureja herbicidi

Sulfonilureja herbicidi su skupina ALS herbicida. Otkriveni su ranih 1970-ih (Brown, 1990), odnosno prvo spominjanje sulfonilureja herbicida bilo je 1966. godine te su to bili derivati triazina no herbicidna učinkovitost novootkrivenih herbicida bila je do tisuću puta jača (Ostojić i sur, 1995). Prvi uvedeni herbicidi iz ove skupine bili su primisulfuron i nikosulfuron 1990. godine (Ostojić i sur., 1995). Sulfonilureja herbicidi su skupina visoko sistemičnih (translokacijskih) herbicida i koriste za selektivno suzbijanje jednogodišnjih širokolisnih korova kao i jednogodišnjih i višegodišnjih travnih korova u različitim kulturama (Barić, 2019). Za sve predstavnike sulfonilureja skupine karakteristično je da se primjenjuju u niskim dozacijama po jedinici površine, 4 – 40 g a.t./ha, pri čemu postižu visoku djelotvornost i svrstani su u III. kategoriju otrova. Imaju povoljne ekotoksikološke i toksikološke karakteristike zbog male oralne, perkutane i inhalacijske toksičnosti (Janjić, 2002) te s obzirom da se primjenjuju u

[9] http://herbicidesymptoms.ipm.ucanr.edu/MOA/ALS_or_AHAS_inhibitors/ , pristupljeno 29. srpnja 2021. godine

malim količinama. Imaju kratko vrijeme poluraspada, degradacija se odvija brže u tlima s nižom pH vrijednosti. Prema Ostojić i sur. (1995) neki herbicidi (npr.bentazon) u kombinaciji sa sulfonilurejama mogu izazvati fitotoksičnost te može doći do antagonizma tj. smanjenog učinka nekog od herbicida. Gledajući fizikalna i kemijska svojstva SU herbicidi su slabe kiseline.

Sulfonilureje su spojevi koji se sastoje od tri dijela: arilne skupine, sulfonilureja mosta i heterocikličkog prstena. Svaki dio ima važnu ulogu u određivanju cijelog herbicidnog djelovanja molekule (Hay, 1990). Najveća herbicidna djelotvornost uočena je kod sulfonilureja mosta jer molekule imaju nepromijenjen most, iako su djelotvorni i spojevi s modificiranim mostova (Hanzir, 1991).

U ovom istraživanju korištena su tri herbicida iz ove skupine: foramsulfuron, prosulfuron i tifensulfuron.

Foramsulfuron je 1999. godine registrirala tvrtka Aventis Crop Science. Registrirana je u brojnim zemljama uključujući Europu, SAD, Rusiju[10]. Prvi puta spominje se 1995. godine[11]. Kemijski naziv foramsulfurona prema IUPAC-u je 1-(4,6-dimetoksipirimidin-2-il)-3-(2-dimetilkarbamoil-5-formamidofenil-sulfonil) urea, a molekularna formula glasi $C_{17}H_{20}N_6O_7S$. U Hrvatskoj su registrirana tri pripravka na osnovi foramsulfurona: Equip, Monson Active i Conviso One[12]. U ovom istraživanju korišten je pripravak Equip. Namijenjen je za suzbijanje jednogodišnjih i višegodišnjih uskolisnih i nekih jednogodišnjih širokolisnih korova u kukuruzu. Sredstvo se sastoji od aktivne tvari foramsulfuron u količini 22,50 g/l. Vrlo dobre rezultate pokazuje na korovnim vrstama: *Ambrosia artemisiifolia* (ambrozija), *Echinochloa crus-galli* (koštan obični), *Chenopodium album* (loboda bijela), *Abutilon theophrasti* (mračnjak europski), *Setaria spp.* (muhari), *Elymus repens* (pirika obična), *Sorghum halapense* (divlji sirak), *Digitaria sanguinalis* (ljubičasta svračica), *Amaranthus retroflexus* (šćir), *Panicum spp.* (divlja prosa). To je folijarni herbicid i biljka ga usvaja isključivo putem lista stoga se primjenjuje nakon nicanja (post-em) u stadiju razvoja 2 – 6 listova kukuruza (BBCH 12 - 16) u količini 2 - 2,5 l/ha uz utrošak vode 200 - 300 l/ha te dolazi u formulaciji uljnog koncentrata za suspenziju. Kao svi herbicidi, i foramsulfuron najbolje rezultate pokazuje primjenom u ranim razvojnim stadijima korova.[13] Nije perzistentan u vodi dok u tlima s većom pH vrijednošću raste perzistentnost (Barić i Ostojić, 2018). Porastom pH vrijednosti tla i smanjenjem sadržaja organske tvari, mobilnost herbicida u tlu se povećava (Hanzir, 1991). Foramsulfuron je sposoban zaustaviti rast biljaka već 1-2 dana nakon primjene. Dva sata nakon prskanja u cijelosti je usvojen i ne može se isprati. Također, ovisno o uvjetima, moguća je i pojava pojačane tvorbe antocijana, kloroza, blijeđenje unutar nervnog sustava, nekroza terminalnog pupa i konačno nekroza cijele biljke (Ostojić, 1991). Tretirane biljke odumiru postupno jer fotosinteza i disanje nisu direktno pod utjecajem, obzirom da sulfonilureja spojevi utječu na acetolaktat sintazu (Hanzir, 1991), pa je potrebno i nekoliko tjedana do potpunog propadanja biljke. Na soji i kukuruzu može pokazivati simptome inhibicije korijena,

[10] Australian Goverment (2011). Australian Pesticides and Veterinary Medicines Authority
[11] http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/357.htm , pristupljeno 26. srpnja 2021.
[12] https://fis.mps.hr/trazilicaszb/Default.aspx?sid=%20888%20&lan= , pristupljeno 26. srpnja 2021.
[13] https://fis.mps.hr/trazilicaszb/Default.aspx?sid=%20888%20&lan= , pristupljeno 26. srpnja 2021.

listovi se pravilno ne razviju, žute, nervni sustav može izgledati crveno ili ljubičasto te na kraju biljka potpuno ugiba[14].

Prosulfuron je namijenjen suzbijanju širokog spektra jednogodišnjih širokolisnih korova u kukuruzu koji je odobren za uporabu na razini Europske Unije. To je selektivni herbicid translokacijskog i sistemičnog djelovanja[15]. Molekularna formula prosulfurona glasi $C_{15}H_{16}F_3N_5O_4S$ (PubChem, 2021). U Hrvatskoj dolazi u obliku tri pripravka: Casper 55 WG, Peak 75 WG i Spandis. U ovom istraživanju korišten je Peak 75 WG, folijarni herbicid koji se primjenjuje nakon nicanja kukuruza u količini od 20 g/ha uz dodatak okvašivača. U pripravku se nalazi 750 g/kg djelatne tvari prosulfurona. Primjenjuje se u stadiju 3-7 listova kukuruza (BBCH 13-17). Ne smije se koristiti u kukuruzu s podusjevom i u sjemenskim usjevima kukuruza. Djeluje na korovne vrste poput: *Amaranthus retroflexus* (šćir), *Ambrosia elatior* (pelinolisne ambrozije), *Chenopodium album* (bijele lobode), *Xanthium strumarium* (običnog malog čička), *Abutilon theophrasti* (europskog mračnjaka), *Polygonum persicaria* (velikog dvornika), *Polygonum convolvulus* (slatkastog dvornika), *Sinapis arvensis* (poljske gorušice) i drugih. Dobro djeluje i na kiselice (*Rumex spp*.) i na poljski osjak (*Cirsium arvense*). Prosulfuron je herbicid bez boje i bez mirisa. Visoko je topljiv u vodi pri temperaturi 25°C i pH 5 je 87 mg/l i drugim organskim otapalima. Svrstava se u slabe kiseline te pKa vrijednost iznosti 3,76. Perzistentan je tlu, mobilan i ima veliki potencijal ispiranja u podzemne vode. Za razliku od foramsulfurona nije eksplozivan i ne oksidira. Prema istraživanjima prosulfuron nije lako biorazgradiv. Osjetljiv je na vodenu hidrolizu u vlažnim kiselim tlima 5-12 dana pri pH 5 i 25 °C. Ekotoksikološka istraživanja pokazuju da prosulfuron u kombinaciji s ostalim sulfonilureja herbicidima djeluje štetno na mikrobiološku biomasu tla i biokemijske aktivnosti.[16]

Tifensulfuron je selektivni sistemični herbicid iz sulfonilureja skupine koji je u Hrvatskoj prisutan u obliku dva pripravka: Harmony SX i Evorelle Express. U ovom istraživanju korišten je Harmony SX koji namijenjen za suzbijanje širokolisnih korova poput šćireva (*Amaranthus spp*), kamilice (*Matricaria spp*.), mišjakinje (*Stellaria media*), kiselice (*Rumex sanguineus*), običnog šupljozuba (*Galeopsis tetrahit*) te drugih jednogodišnjih širokolisnih korova. Primjenjuje se u kukuruzu, soji, na livadama, pašnjacima, ugaru. U sredstvu se nalazi 500 g/kg ove djelatne tvari. U kukuruzu se primjenjuje u količini 15 g/ha kada kukuruz ima 2-6 listova (BBCH 10-16), a korovi su u stadiju kotiledona do četiri lista, dok se u soji primjenjuje razdvojeno (split aplikacija) u količini dva puta po 7,5 g/ha. Prva primjena je nakon nicanja, kada soja ima 2 lista (BBCH 12), druga kada ima 4 lista (BBCH 14), a korovi imaju 2 do 4 lista. Razmak između tretiranja je tjedan do dva. Za tretiranje livada, pašnjaka i ugara dozvoljena nešto veća količina sredstva od 22,5 do 45 g/ha. Molekularna formula tifensulfurona $C_{11}H_{11}N_5O_6S_2$. Topljiv je u vodi pri 25°C iznosi 54.1 mg/l i organskim otapalima. Svrstava se u slabe kiseline s pKa vrijednosti 4.0 pri temperaturi 25°C. Prolazi fotolizu

[14] https://weedscience.missouri.edu/ , pristupljeno 26. srpnja 2021
[15] https://fis.mps.hr/trazilicaszb/Default.aspx?sid=%20888%20&lan= , pristupljeno 26. srpnja 2021.
[16] https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Prosulfuron#section=Toxic-Combustion-Products, pristupljeno 26. srpnja 2021.

sa DT_{50} 10 dana na pH 9 i hidrolizu DT_{50} 5 dana na pH 5. Pripada III. kategoriji otrova s LD_{50} >5000 mg/kg. Ahrens i sur. (1990) navode da je soja tolerantna na tifensulfuron, ali ovaj herbicid ima mali spektar korova koje može suzbiti. Brown i sur. (1990) navode dobar učinak tifensulforona na lobodu i šćir. Tifensulfuron je herbicid koji se često primjenjuje u kombinaciji s drugim herbicidima i tako postiže bolji učinak na korove.

2.4.2. Imidazolinoni

Ovu skupinu herbicida otkrila je 1970. godine američka tvrtka Cyanamid (Shaner, 2012). Imaju povoljne ekotoksikološke karakteristike i širok spektar djelovanja na jednogodišnje i višegodišnje širokolisne i uskolisne korove. Biljka ih usvaja preko korijena i preko lista (Shaner, 2012). U Hrvatskoj postoji registrirana samo jedna djelatna tvar iz ove skupine, imazamoks.

Imazamoks se primjenjuje u malim dozama, ali može biti jako perzistentan u tlu. Molekularna formula mu glasi: $C_{15}H_{19}N_3O_4$. Imazamoks se opisuje kao sivo bijela čvrsta tvar bez mirisa. Smatra se umjereno perzistentnim. Fotodegradacija je brza u vodama dok je u tlu spora. Po pKa vrijednostima koje ova djelatna tvar ima u okolišu i vodi postoji u anionskom obliku koji se ne adsorbida čvrsto za tla, te se isparavanje s vodenih površina ne smatra značajnim procesom. Također, ne isparava iz tla jer je anion koji inače po svojoj prirodi ne isparavaju. Imazamoks u tlu primarno razgrađuju mikrobi u aerobnim uvjetima s vremenom poluraspada od 5 do 142 dana. Hidroliza se kod ove djelatne tvari ne smatra važnim procesom za okoliš.

U Hrvatskoj ga pronalazimo u obliku sedam pripravaka: Cleranda, Pulsar 40, Listego, Corum, Pulsar Plus, Listego Plus, Maza 4% SL. U ovom istraživanju korišten je Pulsar 40, namijenjen suzbijanju jednogodišnjih i nekih višegodišnjih širokolisnih korova. U ovom pripravku nalazi se 40 g/l djelatne tvari, a preporučene količine se razlikuju ovisno o kulturi koju tretiramo, npr. za soju 1,0-1,25 l/ha pripravka.

Prema Radivojević (2018) tifensulfuron-metil i imazamoks se u praksi često zajedno primjenjuju što omogućuje uspješnije suzbijanje korova, no biološka otpornost soje u zadnje vrijeme, primjenom kombinacije ova dva herbicida, dovodi do problema fitotoksičnosti. Soja pokazuje oštećenja i smanjene prinosa te simptome karakteristične fitotoksičnosti (kloroza, crvena nervatura lišća, zaostajanje u razvoju). Također, Nelson i sur. (1998) dokazuju bolje suzbijanje ambrozije u soji primjenom kombinacije imazamoksa i tifensulfurona nego samog tifensulfurona. Šćepanović i sur. (2008) navode 20% veći prinos soje kombinacijom ova dva herbicida za razliku od primjene imazamoksa samog. Kod svih herbicidnih tretmana prinosi soje bili su veći nego kod primjene samog imazamoksa.

3. Materijali i metode rada

3.1. Sakupljanje i priprema sjemena

Za potrebe provođenja biotesta, sakupljeno je sjeme ambrozije s lokacije Sinjsko polje u usjevu soje u fiziološkoj zrelosti. Nakon što je sakupljeno, očišćeno je gumenim čistačem sjemena i pohranjeno u papirnate vrećice u frižider na 4^0C (slika 3.1., 3.2.). Masa 1000 sjemenki s ove lokacije iznosila je 4,78 g.

Slika 3.1. Čišćenje sjemena gumenim čistačem (Foto: T. Grgić, 2020)

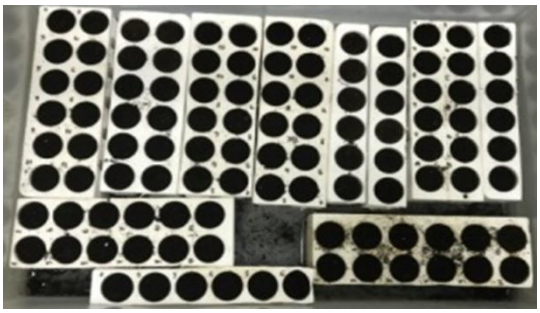
Slika 3.2. Vaganje mase 1000 sjemenki (Foto: T. Grgić, 2020)

Prije početka provođenja biotesta postavljen je test klijavosti. Koristile su se vizualno neoštećene sjemenke. Sjeme je potopljeno u 2%tnu thioureu na 24 sata, zatim tri puta isprano destiliranom vodom. Test klijavosti je postavljen u četiri ponavljanja, po 25 sjemenki. Koristile su se plastične petrijevke na koje je stavljano 5 ml destilirane vode, filter papir te su na to posijane sjemenke. Petrijeve posude su zatvorene parafilmom kako bi se spriječila evaporacija. Prvo očitanje klijavosti bilo je nakon sedam dana, a drugo očitanje nakon dva tjedna. Temeljem postotka klijavosti izračunat je broj potrebnog sjemena za sijanje.

3.2. Biotest

Sjeme ambrozije posijano je u stiroporne kontejnere (slika 3.3.). U jednu rupu posijane su po četiri sjemenke, ukupno 1500 sjemenki. U fazi potpuno potpuno razvijenih kotiledona i početka razvoja prvih pravih listova, biljke ambrozije su presađene u uzgojne posude (17 x 17 cm). Pokus je postavljen po shemi slučajnog bloknog rasporeda u četiri ponavljanja.

U istraživanju su korišteni herbicidi prosulfuron, tifensulfuron, foramsulfuron i imazamoks. Herbicidi su korišteni u sedam linearno padajućih dozacija herbicida počevši od 2x veće dozacije herbicida od registrirane pa do 1/64 puta manje dozacije od registrirane.



Slika 3.3. Posijano sjeme ambrozije u stiropornim kontejnerima
(Foto: T. Rakonić, 2020)

U razvojnoj fazi BBCH 12-14 (1-2 prava lista) ponikle biljke ambrozije tretirane su sa sedam linearno padajućim dozacijama istraživanih herbicida (2x – 1/64x; x=registrirana doza) (tablica 3.1). Prije tretiranja u svakoj posudi prebrojan je broj biljaka i utvrđena razvojna faza za svaku biljku u svakoj posudi.

Tablica 3.1. Tretmani u pokusu

Herbicidi	Djelatna tvar	Sadržaj djelatne tvari	Registrirana doza (x), ha^{-1}	Sadržaj d.t. ha^{-1}
PEAK 75 WG	prosulfuron	750 g kg^{-1}	20 - 30 g	15 - 22,5
EQUIP	foramsulfuron	22,5 g L^{-1}	2,0 - 2,5 L	45 - 56,25
HARMONY SX	tifensulfuron	500 g kg^{-1}	15 g	7,5
PULSAR 40	imazamoks	40 g L^{-1}	1,0 - 1,25 L	40 - 50

3.3. Parametri za utvrđivanje osjetljivosti ambrozije na istraživane herbicide

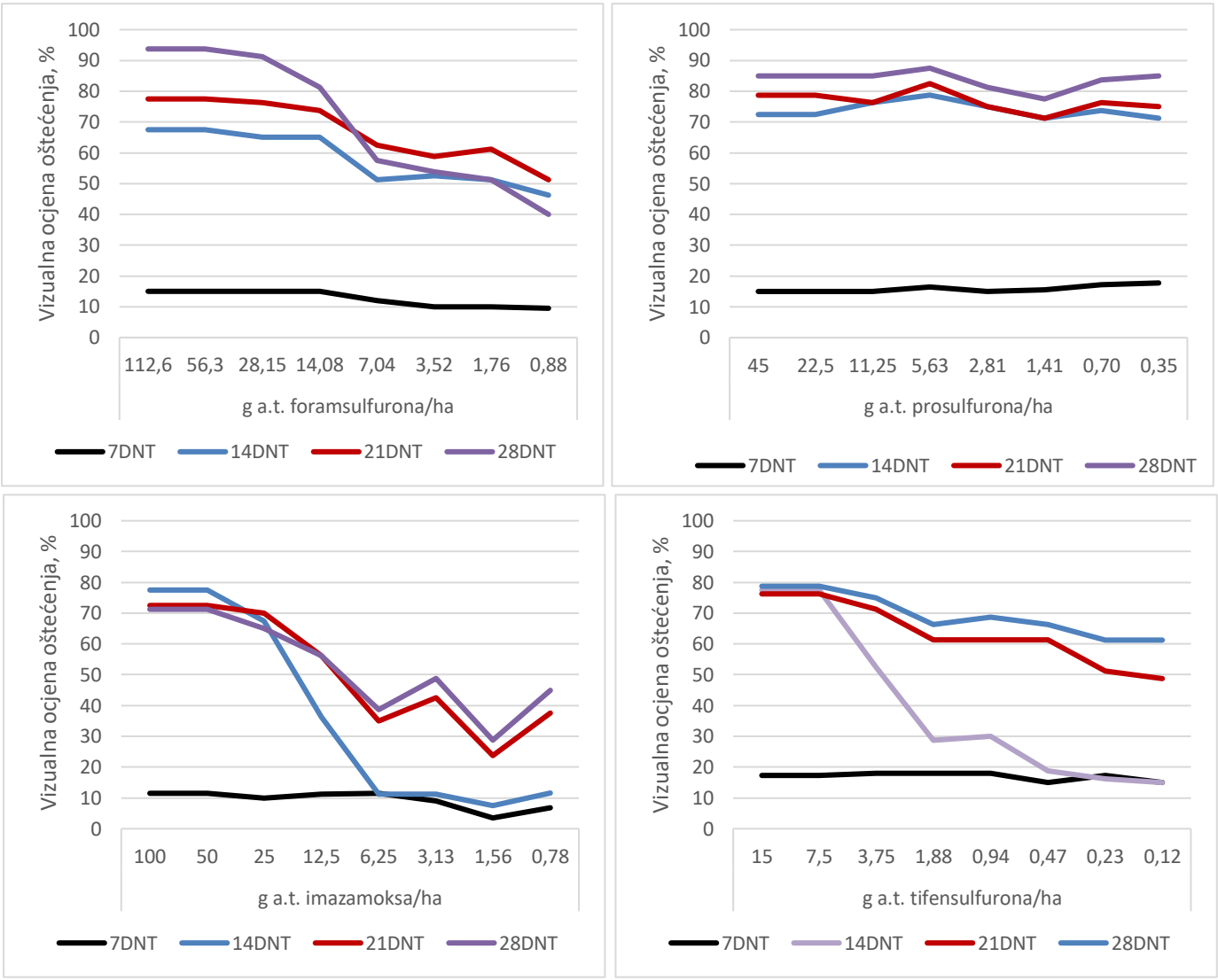
Osjetljivost ambrozije na istraživane doze herbicida utvrđivana je subjektivnom vizualnom ocjenom fitotoksičnog učinka prema skali od 0 do 100 % [EPPO standard PP 1/135 (4)] 7, 14 i 21 i 28 dana nakon tretiranja (DNT), utvrđivanjem mase svježe nadzemne mase ambrozije 28 DNT, utvrđivanjem mase suhe tvari sušenjem svježe nadzemne mase ambrozije u stacionarnom sušioniku biljnog materijala na temperaturi od 70°C do konstantne mase.

3.4. Statistička obrada podataka

Dobiveni podatci obrađeni su dvosmjernom analizom varijance (herbicid i doza) za shemu pokusa slučajni blokni raspored u SAS® statističkom programu. Nakon signifikantnog F testa za usporedbu srednjih vrijednosti korišten je Fisherov LSD test za $P < 0,05$. Za određivanje herbicida potrebne da suzbije 90% suhe nadzemne mase ambrozije korištena je logistička funkcija u programu Bioassay97.

4. Rezultati rada

4.1. Vizualna ocjena oštećenja ambrozije tretirane s linearno padajućim dozacijama istraživanih herbicida



Graf 4.1. Vizualna ocijenjena oštećenja 7,14, 21 i 28 DNT ambrozije tretirane s linearno padajućim dozacijama herbicida foramsulfurona, prosulfurona, tifensulfurona i imazamoksa

Kod svih istraživanih herbicida utvrđen je progresivan trend odnosno vizualno jača oštećenje ambrozije pri kasnijim ocjenama u odnosu na ranije ocjene što je karakteristično za osjetljive populacije. Kod svih herbicida vizualna ocjena oštećenja bila je najniža kod prve ocjene (7 DNT), a simptomi oštećenja su bili najjače izraženi prilikom zadnje vizualne ocjene oštećenja (28 DNT) i to pri registriranim ili dvostruko većim dozacijama.

Uspoređujući osjetljivost ambrozije između istraživanih herbicida, rezultati ukazuju da je ambrozija najveću osjetljivost pokazala prema herbicidu foramsulfuronu

gdje je kod četvrte ocjene (28 DNT) na registriranoj dozi ambrozija pokazala oštećenja do 95%, dok je na 64 puta manjoj dozi od registrirane oštećenje bilo 40%. Kod prosulfurona najveća oštećenja od 87% bila su vidljiva prilikom zadnje ocjene (28 DNT) kod četiri puta manje doze od registrirane, a kod registrirane doze (22,5 g/ha) oštećenja kod zadnje ocjene su bila 85%. Kod herbicida imazamoks, vizualno su utvrđena najblaža oštećenja, iako su i kod ovog herbicida zadovoljavajući stupanj oštećenja (71%) biljke ambrozije pokazale na registriranoj dozaciji (40 g/ha) pri zadnjoj ocjeni (28 DNT). Kod herbicida tifensulfuron, pri registriranoj dozi (7,5 g/ha), oštećenja kod zadnje ocjene su bila 78% što je ujedno i najveća osjetljivost koju je ambrozija pokazala na ovaj herbicid.

4.2. Suha nadzemna masa ambrozije pri istraživanim herbicidima

Tablica 4.1. Prosječne vrijednosti suhe mase ambrozije

Doza	Prosječne vrijednosti suhe mase ambrozije (g)			
	foramsulfuron	prosulfuron	tifensulfuron	imazamoks
2x	0,27	0,13	0,42	0,26
x	0,28	0,23	0,5	0,47
x/2	0,25	0,19	0,88	0,42
x/4	0,35	0,17	1,99	1,98
x/8	1,27	0,27	1,67	5,75
x/16	1,96	0,42	1,9	3,09
x/32	1,59	0,24	3,2	6,46
x/64	3,38	0,19	4,45	3,34
kontrola	9,56			

Iz tablice se može zaključiti da prosječne vrijednosti suhe mase ambrozije variraju ovisno o aktivnoj tvari. Tako se prosulfuron pokazao najučinkovitiji u suzbijanju ambrozije jer je suha masa ambrozije kod 64 puta manje doze od registrirane bila najmanja (0,19 g), odnosno 50 puta manja od kontrole. Najveću masu, odnosno najslabiji učinak na ambroziju kod spomenute doze imao je herbicid tifensulfuron (4,45 g), ali je i dalje bila 2 puta manja od kontrolne populacije. Uvidom u vrijednosti suhe mase možemo zaključiti da su ispitivani ALS herbicidi učinkoviti na ambroziju i da je ambrozija pokazala osjetljivost.

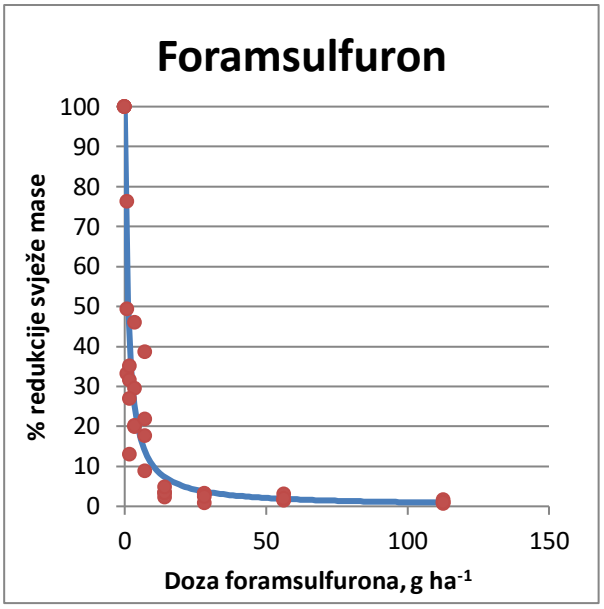
4.3. *Dose-response* krivulja za procjenu doze istraživanih herbicida potrebnu za redukciju svježe nadzemne mase ambrozije

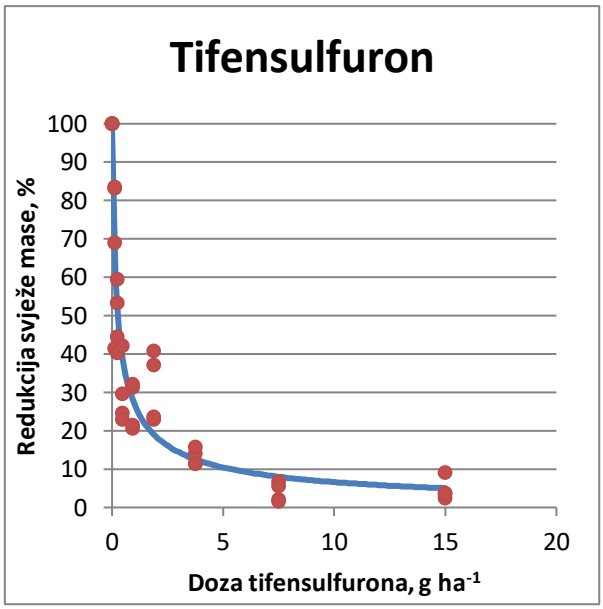
Temeljem podataka o nadzemnoj masi ambrozije pri svim istraživanim herbicidima logističkom krivuljom rasta (*dose-response* krivulja) procijenjena je doza herbicida potrebna da reducira 50% (ED_{50}) i 90% (ED_{90}) nadzmene mase ambrozije. Podaci su navedeni u tablici 4.2. i grafikonu 4.2.

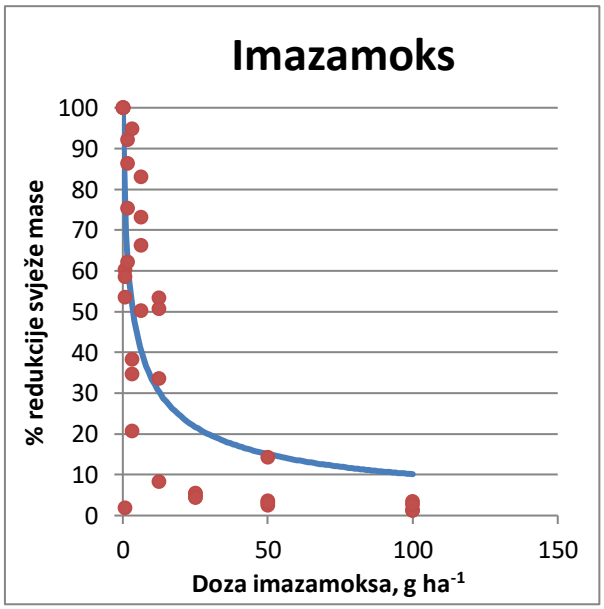
Tablica 4.2. Procijenjene doze herbicida za ED_{50} i ED_{90}

	Herbicid (pripravak), l ha^{-1}		
	foramsulfuron	tifensulfuron	imazamoks
doza pripravka/ha	56,3	7,5	50
ED_{50}	1,19	0,25	3,5
ED_{90}	10,11	5,34	102,4

Prema procijenjenoj dozi potrebnoj da reducira 50 ili 90% nadzemne mase ambrozije istraživani herbicidi su rangirani (od boljeg prema lošijem): prosulfuron<foramsulfuron<tifensulfuron<imazamoks. Tako je procijenjeno da je za 90% tnu redukciju nadzemne mase ambrozije potrebno 10,11 grama foramsulforna što je za 5,5 puta niža doza od registrirane. Isto tako, za 90% tnu redukciju potrebna je 1,4 puta niža doza, odnosno 5,34 grama tifensulforna. Za herbicid prosulfuron krivulja se nije mogla izraditi, ali je na svim istraživanim dozacijama prosulfurona učinak bio veći od 90% te i kod značajno sniženih dozacija, redukcija mase ambrozije bila je velika. Kod herbicida imazamoks za redukciju 50% svježe mase procijenjena je doza od 3,5 grama što je 14,3 puta manja doza od registrirane. Za razliku od ranije navedenih herbicida gdje je ambrozija pokazala visoku osjetljivost i kod ED_{50} i ED_{90}, kod herbicida imazamoks je drugačiji slučaj. Naime, za redukciju 90% tne svježe nadzemne mase potrebna je doza od 102,4 grama što nam u ovom slučaju predstavlja veću dozu od registrirane i to za 2 puta.







Graf 4.2. Procijenjena efektivna doza istraživanih herbicida potrebna za redukciju svježe nadzemne mase ambrozije. Linija predstavlja odgovor (*response*) logističkom funkcijom, a točkice utvrđene vrijednosti svježe mase ambrozije pri linearno padajućim dozacijama istraživanih herbicida.

Slika 4.1. Osjetljiva populacija ambrozije (Foto: M. Šćepanović, 2020.)

Glavni cilj istraživanja bio je biotest metodom potvrditi osjetljivost ambrozije na ALS herbicide foramsulfuron, prosulfuron, tifensulfuron i imazamoks. Uspoređujući osjetljivost istraživanih herbicida utvrđena je određena razlika u učinku. Tako su vizualnom ocjenom oštećenja utvrđena najveća oštećenja ambrozije tretirane s herbicidom foramsulfuron. Kod zadnje ocjene (28 DNT) na registriranoj dozaciji (22,5 g) utvrđeno je 95% oštećenja. Najslabija oštećenja utvrđena su primjenom herbicida imazamoks kod kojeg je kod zadnje ocjene utvrđeno 77% oštećenja.

Slično je procijenjeno i *dose-response* krivuljom kod koje je utvrđena doza spomenutih herbicida potrebna za redukciju nadzemne mase ambrozije. Rezultati pokazuju da je ambrozija najveću osjetljivost pokazala na herbicid prosulfuron gdje se krivulja i nije mogla izraditi jer su i značajno snižene dozacije herbicida suzbile preko 90% ambrozije. Soltani i sur. (2014) ispitivali su učinak prosulfurona u suzbijanju korova u proljetnim žitaricama. Prosulfuron primijenjen u registriranoj dozi reducirao je masu ambrozije 96%, dok je prosulfuron u kombinciji s glifosatom reducirao masu korova 91%. Prosulfuron na žitaricama nije uzrokovao oštećenja te sam ili primjenom u kombinaciji može biti adekvatan herbicid za suzbijanje širokolisnih korova.

Vrlo dobar učinak pokazao je i herbicid foramsulfuron gdje su također vrlo male doze procijenjene za redukciju 90% tne i 50% tne mase ambrozije što je i karakteristično za osjetljive populacije. Nurse i sur. (2007) su imali deset terenskih ispitivanja na pet lokacija u Ontariu za procjenu učinkovitosti foramsulfurona u suzbijanju korova i prinosu kultura. Rezultati su pokazali da za redukciju 90% tne mase ambrozije foramsulfuron se morao primijeniti u dozi od 86 g/ha. Prinos kukuruza od 95% dobiven je primjenom 70 grama foramsulfurona dok je na ostalim lokacijama prinos od 90% ostvaren pri količini foramsulfurona od 35 g/ha što je ujedno i registrirana doza. Konačno bolji prinos kukuruza poboljšan za više od 20% dobiven je primjenom kombinacije foramsulfurona s prosulfuronom i dikambom. Zaključak ovih rezultata je da suzbijanje korova i održavanje prinosa kukuruza, foramsulfuron se mora primijeniti u količini od najmanje 35 g/ha.

Rezultati pokazuju da je za redukciju 50% nadzemne mase ambrozije potrebno primijeniti 30 puta nižu dozu tifensulfurona od registrirane, odnosno 0,25 grama. Hager

i Renner (1994) su primjenom kombinacije herbicida tifensulfuron i bentazon pri registriranim dozama postigli redukciju suhe mase 89 do 91% 14 dana nakon tretiranja te su dokazali bolju kontrolu korova u odnosu na zasebno primjenjene herbicide.

Nešto slabiji učinak pokazao je herbicid imazamoks gdje je za 90% tnu redukciju procijenjena 2 puta veća doza od registrirane, ali i dalje 14 puta manja doza imazamoksa bila je dovoljna za redukciju 50% tne mase. Slične rezultate dobili su i Vrbničanin i sur. (2015) na području Srbije gdje je pri registriranoj dozaciji imazamoksa redukcija suhe mase bila 79%. Također, Malidža i sur. (2002) navode učinak imazamoksa na ambroziju od 98% u usjevu suncokreta, a bolji rezultati dobiveni su tretiranjem u ranijim fazama korova. Blackshaw (1998) je istraživano učinak imazamoksa u grašku. Učinak imazamoksa bio je različit između širokolisnih i uskolisnih korova. Rezultati su pokazali učinkovitost imazamoksa za selektivno suzbijanje korova u grašku. Grašak je tolerirao doze imazamoksa sve do 40 g/ha (najveća primjenjena doza), a doza imazamoksa potrebna da suzbije 90% nadzmene mase korova iznosila je 7 g/ha za šćir i 36 g/ha za bijelu lobodu.

Kao što je i ranije navedeno, imazamoks i tifensulfuron su herbicidi koji se u praksi često primjenjuju u kombinaciji i tako postižu bolje suzbijanje korova. Tako mnogi autori kao Nelson i sur. (1998) dokazuju bolje suzbijanje ambrozije u soji primjenom kombinacije imazamoksa i tifensulfurona nego samog tifensulfurona. Također, Knežević i sur. (2018) u usjevu soje su isreživali učinkovitost nekih post-em herbicida i njihovih kombinacija u borbi protiv korova. Među dominantnim korovima prisutna je bila i ambrozija. Redukcija nadzemne mase od 94% postignuta je kombinacijom oksasulfurona, imazamoksa i tifensulfurona metil dok je jednokratna primjena samo imazamoksa reducirala masu za 89%. Šćepanović i sur. (2008) navode 20% veći prinos soje kombinacijom imazamoksa i tifensulfurona za razliku od primjene imazamoksa samog. Kod svih herbicidnih tretmana prinosi soje bili su veći nego kod primjene samog imazamoksa

5. Zaključak

Temeljem provedenog biotesta u plasteniku za utvrđivanje osjetljivosti ambrozije na ALS herbicide (foramsulfuron, prosulfuron, tifensulfuron, imazamoks) može se zaključiti slijedeće:

- simptomi oštećenja nadzemne mase ambrozije progresivno su rasli od prve ocjene oštećenja (7 DNT) do zadnje (28 DNT) za sve istraživane herbicide i većinu istraživanih dozacija. Najjača oštećenja ambrozije utvrđena su kod herbicida foramsulfuron (94% - 28 DNT), a najmanja kod imazamoksa (71%- 28 DNT) pri registriranim dozacijama herbicida. Također, prosječne vrijednosti suhe nadzemne mase varirale su ovisno o herbicidu. Najmanja masa ambrozije bila je kod herbicida prosulfuron (0,19 g), a najveća, onosno najslabiji učinak pokazao je herbicid tifensulfuron gdje je masa iznosila 4,45 g.

- logističkom krivuljom procijenjena je dozacija herbicida potrebna za redukciju 50% nadzemne mase ambrozije (GR_{50}): 1,19 grama za foramsulfuron (registrirana dozacija 56,3 grama), 0,25 grama za tifensulfuron (registrirana dozacija 7,5 grama) i 3,5 grama za imazamoks (registrirana dozacija 50 grama).

- prema procijenjenoj dozi potrebnoj da reducira 50 ili 90% nadzemne mase ambrozije istraživani herbicidi su rangirani (od boljeg prema lošijem): prosulfuron<foramsulfuron<tifensulfuron<imazamoks.

6. Popis literature

1. Ahrens W. H. (1990). Enhancement of Soybean (*Glycine max*) Injury and Weed Control by Thifensulfuron-Insecticide Mixtures. Weed Technology, 4(03), 524–528.
2. Allardd H. A. (1943). The North American ragweeds and their occurence in the other part of the world. Science, 98: 292-294.
3. Antunović S. (2013). Biološka i ekološka obilježja ambrozije *(Ambrosia Artemisiifolia* L.) i mogućnosti njezina suzbijanja na području Brodsko-Posavske županije, Doktorski rad. Poslijediplomski sveučilišni interdisciplinarni znanstveni studij Zaštita prirode I okoliša. Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku.
4. Barić K., Bažok R., Pintar A. (2019). Potrošnja pesticida u Hrvatskoj poljoprivredi u u razdoblju od 2012. do 2017. godine. Glasilo biljne zaštite 5/2019. Vo. 19, br. 5.
5. Barić K., Ostojić Z. (2018). Pregled sredstava za zaštitu bilja u Hrvatskoj za 2018. godinu. Glasilo biljne zaštite, br. 1-2, str. 233-248.
6. Basset I. J. i Crompton C. W. (1975). The biology of canadian weeds.: *Ambrosia artemisiifolia* L. and *A. psilostachya* DC. Canadian Journal of Plant Science, 55(2), 463–476.
7. Baskin J. M., Baskin C. C. (2004). A classification system for seed dormancy. Seed Science Research, 14(01): 1-16.
8. Bašić F., Đikić M., Gadžo D. (2017). Appearance and spreading of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) in Bosnia and Herzegovina / Pojavljanje in širjenje ambrozije (Ambrosia artemisiifolia L.) v Bosni in Hercegovini. Vol. 58 No. 2:147.
9. Bausor S. C. (1937). A review of some medicinal plant. Part 2 . Medicinal plants of our local flora. Torreya, 37:45 – 54.
10. Bazzaz F. A. (1970) Secondary dormancy in the seeds of the common ragweed Ambrosia artemisiifolia. Bulletin of the Torrey Botanical Club, 97:302–305.
11. Bazzaz F. A. (1979) The physiological ecology of plant succession. Annual Review of Ecology and Systematics, 10:351–371.
12. Bažok R., Cvjetković B., Ostojić Z., Barić K. (2020). Revolucija i evolucija kemijske metode zaštite bilja. Glasilo biljne zaštite 3/2020 vol. 20., br. 3 :346-377
13. Béres I. (1994) New investigations on the biology of *Ambrosia artemisiifolia* L. Mededelingen Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen, Universiteit Gent, 59:1295–1297.
14. 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.
15. Blackshaw R. E. (1998). Postemergence Weed Control in Pea (*Pisum sativum*) with Imazamox. Weed Technology. 1998. Volume 12:64-68.
16. Bohar G., Schwarczinger I. (1999). First report of a Septoria sp. On Common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) in Europe. Plant Disease, 83: 696.
17. Bohren C., Mermillod G. i Delabays N. (2008). *Ambrosia artemisiifolia* L. - control measures and their effects on its capacity of reproduction. Journal of Plant Diseases and Protection, 21:311–316.
18. Bonini M., Šikoparija B., Prentović M., Cislaghi G., Colombo P., Testoni C., Smith M. (2016). A follow-up study examining airborne *Ambrosia* pollen in the Milan area in 2014 in relation to the accidental introduction of the ragweed leaf beetle *Ophraella communa*. Aerobiologia, 32(2): 371–374.

19. Božić D. (2018). *Ambrosia artemisiifolia* L. – ambrozija pelenasta. Acta herbologica, Vol. 27, No. 2:79-95.
20. Brown H. M. (1990). Mode of action, crop selectivity, and soil relations of the sulfonylurea herbicides. Pesticide Science, 29(3): 263–281.
21. Brückner D. J., Lepossa A., Herpai Z. (2003). Inhibitory effect of ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.)-inflorescence extract on the germination of *Amaranthus hypochondriacus* L. and growth of two soil algae. Chemosphere, 51(6): 515–519.
22. Comtois P. (1998). Ragweed (*Ambrosia sp*.): The Phoenix of allergophytes. In 6th International Congress on Aerobiology, Satellite Symposium Proceedings: Ragweed in Europe. ALK Abello. 18-23.
23. Dechamp C. (1999). Ragweed, a biological pollutant: current and desirable legal implications in France and Europe. Revue Francaise d`Allergollogie et d`Immunologie Clinique, 39(4):289-294.
24. Deen W., Swanton C. J. (2001). A mechanistic growth and development model of common ragweed. Weed Science, 49:723-731.
25. Dickerson C. (1968). Studies on the germination, growth, development and control of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) Univ. Microfilms Inc. Ann Arbor, Mich. 162.
26. Dickerson C. T. i Sweet R. D. (1971) Common ragweed ecotypes. Weed Science, 19: 64–66.
27. Essl F., Biro K., Brandes D., Broennimann O., Bullock J. M., Chapman D. S., Chauvel B., Dullinger S., Fumanal B., Guisan A., Karrer G., Kazinczi G., Kueffer C., Laitung B., Lavoie C., Leitner M., Mang T., Moser D., Muller- Scharer H., Petitpierre B., Richter R. Schaffner U., Smith M., Starfinger U., Vautard R., Vogl G., von der Lipp, M., Follak S. (2015). Biological Flora of the British Isles*: Ambrosia artemisiifolia*. Journal of Ecology, 103 (4):1069-1098.
28. Evans H. C., Greaves M. P., Watson A. K. (2001). Fungal biocontrol agents of weed. In: Butt, T.M., Jackson C., Magan, N. Fungi as Biocontrol Agents. Progress, Problems and Potential. CAB International, Wallingford, UK, 169 – 192.
29. Feher Z., Farkas I., Erdei E., Gallovich E., Csoltko G., Wimmer J., Klatsmanyi J. M., Laczik M., Szintaine D. J., Borsanyi A., Oravecz A., Farkas L., Magyar D. (1998). Analysis of ragweed seasons on the basis of Hungarian Aeroallergens Network (1992-1997). Egeszsegtudomany, 42(1):61-69.
30. Forcella F, Wilson R. G., Dekker J., Kremer R., Cardina J., Anderson R. L., Alm D. Renner K. A., Harvey R. G., Clay S., Buhler D. D. (1997). Weed seed bank emergence across the Corn Belt. Weed Science, 67:123-129.
31. Fumanal B., Chauvel B., Sabatier A., Bretagnolle F. (2007): Variability and cryptic heteromorphism of *Ambrosia artemisiifolia* seeds: What consequences for its invasion in France? – Ann. Bot. 100:305–313.
32. Galzina N., Barić K., Šćepanović M., Goršić M., Ostojić Z. (2010). Distribution of Invasive Weed *Ambrosia artemisiifolia* L. in Croatia. Agriculturae Conspectus Scientificus Vol. 75:275-81.
33. Guo J. Y., Zhou Z. S., Zheng X. W., Chen H. S., Wan F. H., Luo Y. H. (2011). Control efficiency of leaf beetle, Ophraella communa, on the invasive common ragweed, *Ambrosia artemisiifolia*, at different growing stages. Biocontrol Science and Technology, 21:1049–1063.

34. Hager A. i Renner K. (1994). Common Ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) Control in Soybean (*Glycine max*) with Bentazon as Influenced by Imazethapyr or Thifensulfuron Tank-mixes. Weed Technology. nurseVolume 8:766-771.
35. Hanzir S. (1991). Ispitivanje i djelotvornost herbicida primisulfuron Tell 75 WG na *Sorgum halapense* u kukuruzu. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet
36. Hay J. V. (1990). Chemistry of sulfonylurea herbicides. Pesticide Science, 29(3): 247–261.
37. Kazinczi G., Béres I., Novák R., Bíró K, Pathy K. (2008). Common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*): A review with special regards to the results in Hungary. I. Taxonomy, orign and distribution, morphology, life cycle and reproduction strategy. Herbologia, Vol. 9, No. 1:55-93.
38. Kim H. G., Lee D. H. (2018). Review of the biology and ecology of a ragweed leaf beetle, Ophraella communa (Coleoptera: Chrysomelidae), which is a biological control agent of an invasive common ragweed, *Ambrosia artemisiifolia* (Asterales: Asteraceae). Biocontrol Science and Technology, vol.29(2):1–16.
39. King L. J. (1966). Weeds of the World, Biology and Control. Leonhard Hill, London-New York: str. 526
40. Kiss L. (2007). Why is biocontrol of common ragweed, the most allergenic weed in eastern Europe, still only a hope? CAD International 2007. Biological Control: a Global Perspectiv: 80-91.
41. Knežević M., Antunović M., Ranogajec Lj., Baličević R. (2008) Effectiveness of some post-emergence herbicides in soybean. Poljoprivreda 14(2):23-28
42. Laaidi M., Thibaudon M., Besancenot J. P. (2003). Two statistical approaches to forecasting the start and duration of the pollen season of *Ambrosia* in the area of Lyon (France). International Journal of Biometeorology, 48:65-73.
43. LeSage L. (1986). A taxonomic monograph of the Nearctic galerucine genus Ophraella Wilcox (Coleoptera: Chrysomelidae). Memoirs of the Entomological Society of Canada, 118(S133), 3–75.
44. Leskovšek R., Datta A., Knežević S. Z., Simončić A. (2012). Common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia)* dry matter allocation and partitioning under different nitrogen and density levels. Weed Biology and Management, 12(2):98–108.
45. Lešnik M. (2001). The changes in germinability of *Ambrosia artemisiifolia*, Panicum dichotomiflorum and Sorghum halepense seeds stored in maize silage and cattle slurry. Rostlinna vyroba, 47(1):34-39.
46. Malidža G., Jocić S., Škorić D., Dušanić N. (2002) Novije mogućnosti suzbijanja korova u suncokretu. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, br. 36, str. 189-205.
47. McFayden R. (2008). Ambrosia species in Australia and their control, First international ragweed conference. Hungary, Book of abstracts, str. 29.
48. Mouttet R., Augustinus B., Bonini M., Chauvel B., Desneux N., Gachet E., Schaffner U. (2018). Estimating economic benefits of biological control of *Ambrosia artemisiifolia* by Ophraella communa in southeastern France. Basic and Applied Ecology. Vol. 33:14-24
49. Nelson K. A., Renner K. A., Penner D. (1998). Weed control in soybean (Glycine max) with imazamox and imazethapyr. Weed Science, 46(5), 587–594.
50. Nitzsche J. (2010) *Ambrosia artemisiifolia* L. (Beifuß-Ambrosie) in Deutsch-land. Biologie der Art, Konkurrenzverhalten und Monitoring. PhD thesis ,University of Braunschw eig, Braunschweig, Germany

51. 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.
52. Nurse R. E., Hamill A. S., Swanton C. J., Tardif F. J., Sikkema P. H. (2007). Weed Control and Yield Response to Foramsulfuron in Corn. Weed Technology, 21(2):453–458.
53. Ostojić Z. (2005). Limundžik (Ambrozija)-kako suzbiti opasnu pridošlicu. Gospodarski list, 8:57.
54. Ostojić Z. (2011). The changes of the composition of weed flora in Southeastern and Central Europe as affected by cropping practices – Croatia. U Šarić T., Ostojić Z., Stefanović L., Deneva Milanova S., Kazinczi G., Tyšer L. The changes of the composition of weed flora in Southeastern and Central Europe as affected by cropping practices. Herbologia 12:8-12.
55. Ostojić Z., Zadro J., Radiković Đ. (1992). Naši napasni korovi. Limunđik - Ambrosia artemisiifolia L. Glasnik zaštite bilja 9-10:259-265.
56. Ostojić, Z. (1991). Sulfonilurea herbicidi, Glasnik zaštite bilja. Vol.14 br. 2.:33-39.
57. Ostojić Z., Flegar Z., Novak D. (1995). Višegodišnji rezultati istraživanja djelotvornosti sulfonilureja herbicida u kukuruzu. Str. 177-193.
58. Radivojević LJ., Gajić Umiljendić J., Marisavljević D., Pavlović D., Sarić-Krsmanović M., Šantrić LJ. (2018) Mogućnost primene 24-epibrasinolida za smanjenje fitotoksičnosti kod zajedničke primene tifensulfuron-metila i imazamoksa u soji. Acta herbologica, Vol. 27, No. 1, 55-64.
59. Rašić S. (2011). Ambrozija (*Ambrosia artemisiifolia* l.) - agronomski i javno-zdravstveni problem na području baranje. Doktorski rad. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.
60. Schaffner U., Steinbach S., Sun Y., Skjøth C. A., de Weger L. A., Lommen S. T., Müller-Schärer H. (2020). Biological weed control to relieve millions from Ambrosia allergies in Europe. Nature Communications, 11(1).
61. Shaner D. L. (2012). Imidazolinone herbicides. Bioactive Heterocyclic Compound Classes, 83–89.
62. Soltani N., Brown L. R., Cowan T., Sikkema P. H. (2014). Weed Management in Spring Seeded Barley, Oats, and Wheat with Prosulfuron. International Journal of Agronomy, 2014, 1–5.
63. Šćepanović M., Šoštarčić V., Pintar A., Lakić J., Barić K. (2020). Pojava rezistentnih populacija korova na herbicide inhibitore acetolaktat sintaze u RH.. Glasilo biljne zaštite Vol. 20. br. 6: 628-640.
64. Šćepanović M., Ostojić Z., Galzina N., Goršić M., Havrda S. (2008). Site specific post-emergence weed control in soybean. Cereal Research Communications. Vol. 36:1639-1642.
65. Šoštarčić V., Masin R., Turčinov M., Carin N., Šćepanović M. (2019). Jačina varijabilnosti morfološkog i funkcionalnog sjemenskog polimorfizma različitih majčinskih biljaka ambrozije (*Ambrosia artemisiifolia* L.) iz istih populacija. Journal of Central European Agriculture 21(2):366-378.
66. Toole H. E. i Brown E. (1946) Final results of the Durvel buried seed experiment. Journal of Agricultural Research, 72, 201–210.
67. Topolovec D. (2008). Herbicidi i mehanizmi djelovanja, Glasnik bilje zaštite 3. str. 61-66.

68. Varga P., Beres I., Reisinger P. (2002) The competitive effect of three dangerous weeds on the yields of maize in different years. Növényvédelem, 38, 219–226.
69. Vidotto F., Tesio F., Vidotto A. F. (2013) Allelopathic effects of *Ambrosia artemisiifolia* L. in the invasive process. Crop Protection, 54, 161–167.
70. Višić D. (2021). Morfološka varijabilnost sjemena različitih populacija ambrozije kontinentalne Hrvatske. Završni rad. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet.
71. Vrbničanin S., Božić D., Pavlović D., Stojićević D., Jovanović-Radovanov K., Jevtić M., Stokić K. (2015). The influence of tribenuron-methyl, imazamox and glyphosate on biological production of *Ambrosia artemisiifolia* L. Plant Protection Society of Serbia, Belgrade, str. 107-110.
72. Wayne P., Foster S., Connolly J., Bazzaz F., Epstein P., (2002). Production of allergenic pollen by ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) is increased in CO2 enriced atmospheres. Annals of Allergy, Asthma & Immunology, Mar; 88 (3):279-282.
73. Willemsen R. W. (1975) Effect of stratification temperature and germination temperature on germination and the induction of secondary dormancy in common ragweed seeds. American Journal of Botany, 62:1–5.
74. 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.
75. Zhou Z. S., Guo J. Y., Chen H. S., Wan F. H. (2010). Effects of temperature on survival, development, longevity, and fecundity of Ophraella communa (Coleoptera: Chrysomelidae), a potential biological control agent against *Ambrosia artemisiifolia* (Asterales: Asteraceae). Environmental Entomology, 39(3):1021–1027.
76. Zhou Z. S., Guo J. Y., Guo W., Wan F. H. (2011). Synergistic effects of olfactory and tactile cues in short-range mate finding of Ophraella communa. Entomologia Experimentalis et Applicata, 138(1):48–54.
77. Zhou Z. S., Chen H. S., Zheng X. W., Guo J. Y., Guo W., Li M., Wan F. H. (2014). Control of the invasive weed *Ambrosia artemisiifolia* with Ophraella communa and Epiblema strenuana. Biocontrol Science and Technology, 24(8):950–964.
78. Ziska L. H., Caulfield F. A., (2003). The potential influence of rising atmospheric carbon dioxide (CO2) on public health: pollen production of the common ragweed as a test case. World Resource Review, 12:449-457.

INTERNETSKI IZVORI:

1. Bullock J., Chapman D., Schaffer S., Roy D., Girardello M., Haynes T., Tinch R. (2012). Assessing and controlling the spread and the effects of common ragweed in Europe European Commission, Final Report. https://www.researchgate.net/publication/297768624_Assessing_and_controlling_the_spread_and_the_effects_of_common_ragweed_in_europe - pristupljeno 26. srpnja 2021.
2. Fis.mps https://fis.mps.hr/trazilicaszb/Default.aspx?sid=%20888%20&lan= - pristupljeno 26. srpnja 2021.
3. Guidelines for management of common ragweed, Ambrosia artemisiifolia http://internationalragweedsociety.org/smarter/wp-content/uploads/Ambrosia-management-guidelines-2009_AMBROSIA-EUPHRESCO_eng.pdf - prisupljeno 30. svibnja 2021.
4. International herbicide-resistant weed database

www.weedscience.org - pristupljeno 13. lipnja 2021.
5. Merete Buttenschøn. R., Waldispühl S. i Bohren C. (2009). Guidelines for management of common ragweed, *Ambrosia artemisiifolia.* https://www.researchgate.net/publication/281584978_Guidelines_for_management_of_common_ragweed_Ambrosia_artemisiifolia_httpwwwEUPHRESCOorg - pristupljeno 30. kolovoza 2021.
6. Novak N. i Kravarščan M. (2011): Invazivne strane korovne vrste u Republici Hrvatskoj, Zagreb: Hrvatski centar za poljoprivredu, hranu i selo https://pdfslide.net/documents/invazivne-strane-korovne-vrste-u-republici-hrvatskoj.html - pristupljeno 26. srpnja 2021.
7. Zavod za javno zdravstvo https://www.zzjzdnz.hr/hr/naslovna/pelud/480 - pristupljeno 2. lipnja 2021.

Životopis

Tina Rakonić rođena je 21. studenog 1997. godine u Novoj Gradiški. Osnovnoškolsko obrazovanje završila je u Novoj Gradiški, a srednjoškolsko obrazovanje u Općoj gimnaziji Nova Gradiška završila je 2016. godine. Iste godine upisuje preddiplomski studij Zaštite bilja na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Sveučilišnom prvostupnicom postala je 2019. godine nakon obrane završnog rada na temu „Osjetljivost potencijalno rezistentne populacije divljeg sirka na djelatnu tvar foramsulfuron”. Iste godine upisuje diplomski studij Fitomedicine na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Na 64. Seminaru biljne zaštite u Opatiji sudjeluje u studentskoj poster sekciji kao koautorica rada „Osjetljivost rezistentne populacije divljeg sirka na linearno rastuće doze foramsulfurona, nikosulfurona i imazamoksa". Također, kao koautorica rada „Potvrda rezistentnosti divljeg sirka (*Sorghum halepense* L.) na neke ALS herbicide biotest metodom“ dobitnica je Dekanove nagrade 2020. godine pod vodstvom mentorice izv. prof. dr. sc. Maje Šćepanović.