

Utvrđivanje rezistentnosti ambrozije (*Ambrosia artemisiifolia* L.) na herbicid tifensulfuron

Grgić, Tatjana

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:204:594478>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-19**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



UTVRĐIVANJE REZISTENTNOSTI AMBROZIJE (*Ambrosia artemisiifolia* L.) NA HERBICID TIFENSULFURON

DIPLOMSKI RAD

Tatjana Grgić, bacc. ing. agr.

Zagreb, rujan, 2021.



Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



Diplomski studij:

Fitomedicina

UTVRĐIVANJE REZISTENTNOSTI AMBROZIJE (*Ambrosia artemisiifolia* L.) NA HERBICID TIFENSULFURON

DIPLOMSKI RAD

Tatjana Grgić, bacc, ing. agr.

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, **Tatjana Grgić**, JMBAG 0178109705, rođen/a 07.11.1997. u Slavonskom Brodu, izjavljujem da sam samostalno izradila/izradio diplomski rad pod naslovom:

UTVRĐIVANJE REZISTENTNOSTI AMBROZIJE (*Ambrosia artemisiifolia* L.) NA HERBICID TIFENSULFURON

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 **Tatjana Grgić**, JMBAG 0178109705, naslova

UTVRĐIVANJE REZISTENTNOSTI AMBROZIJE (*Ambrosia artemisiifolia* L.) NA HERBICID TIFENSULFURON

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.....	3
2. Pregled literature	4
2.1. Opis vrste <i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	4
2.2. Tifensulfuron	11
2.3. Rezistentnost.....	12
3. Materijali i metode rada	15
4. Rezultati i rasprava.....	17
4.1. Osjetljiva (S) populacija ambrozije	17
4.2. Rezistentna (R) populacija ambrozije	20
5. Zaključak	24
6. Popis literature.....	25
7. Životopis.....	28

Sažetak

Diplomskog rada studenta/ice **Tatjana Grgić**, naslova

UTVRĐIVANJE REZISTENTNOSTI AMBROZIJE (*Ambrosia artemisiifolia* L.) NA HERBICID TIFENSULFURON

Cilj istraživanja bio je utvrditi indeks rezistentnosti ambrozije na herbicid tifensulfuron. Biljke osjetljive (S) i potencijalno rezistentne populacije ambrozije (R) tretirane su s linerano rastućim (0,5 – 64 x) za R i linearno padajućim dozacijama (2x – 1/64 x) tifensulfurona za S populaciju (x = 7,5 g a.t./ha) u BBCH 12-14 ambrozije. Rezultati ukazuju na značajnu razliku između učinka na S i R populacije. Vizualnom ocjenom oštećenja utvrđen je progresivan učinak herbicida na S populaciju kod posljednje ocjene (28 DNT), a kod R degresivan trend. Temeljem podataka o redukciji suhe nadzemne mase tretiranjem s linearno padajućim i rastućim dozama izračunata je *dose-response* krivulja rasta i procijenjena je doza potrebna za redukciju 50% nadzemne mase (GR₅₀). Za S populaciju ona iznosi 0,25 g, odnosno 171,94 g za R populaciju. Indeks rezistentnosti izračunat je kao omjer između GR₅₀ R i GR₅₀ S populacije koji iznosi 687,76. Rezultati istraživanja potvrđuju rezistentnost ambrozije na herbicid tifensulfuron.

Ključne riječi: indeks rezistentnost, GR₅₀, sulfolnitureja herbicidi

Summary

Of the master's thesis – student **Tatjana Grgić**, entitled

DETERMINATION OF THE COMMON RAGWEED (*Ambrosia artemisiifolia*L.) RESISTANCE TO THE HERBICIDE THIFENSULFURON

The aim of the study was to determine the Common ragweed *Ambrosia artemisiifolia* L.) resistance index to the herbicide thifensulfuron. Plants of the sensitive (S) and potentially resistant Common ragweed population (R) were treated with linearly growing ($0.5-64 \times$) for R and linearly drop-down doses ($2x-1/64 \times$) of thifensulfuron for the S population ($x = 7.5 \text{ g a.t./ha}$) in BBCH 12-14. The results indicate a significant difference in efficiency in the S and R populations. A visual assessment of the damage revealed a progressive effect of herbicides on S population at the last rating (28 DNT) and a degressive trend in R population. Based on dry aboveground mass reduction data, treatment with linearly falling and rising doses calculated the dose-response growth curve and the dose needed to reduce 50% of the above-ground mass (GR_{50}) was estimated: 0.25 g for S and 171,94 g for the R population. The resistant index was calculated as the ratio between GR_{50} R and GR_{50} S of the population and is 687,76. The results of the study confirm the resistance of Common ragweed to the herbicide thifensulfuron.

Keywords: resistance index, GR_{50} , sulfonylurea herbicides

1. Uvod

Ambrozija je jedna od najvažnijih jednogodišnjih širokolisnih korovnih vrsta u svijetu, a u kontinentalnoj Hrvatskoj nalazi se na prvom mjestu po učestalosti među širokolisnim korovnim vrstama u okopavinskim usjevima (Ostojić, 2011). Biljke ambrozije izazivaju značajne probleme u poljoprivredi zbog kompeticije za vodu, hranjive tvari, svjetlost i životni prostor, te proizvode velike količine sjemena. Kao korov ambrozija raste u okopavinama, na strništima, pokraj puteva i željezničkih pruga, te na ruderalnim staništima. Ugrožava gotovo sve poljoprivredne kulture, izuzev kultura gustog sklopa i jako ju je teško iskorijeniti s poljoprivrednih površina. Uzrokuje značajne gubitke prinosa kod uzgoja soje, kukuruza, suncokreta, šećerne repe te krumpira gdje njezina kompeticijska sposobnost najviše dolazi do izražaja (Galzina i sur., 2009). Osim što je štetna korovna vrsta, ambrozija je poznata i kao opasna alergena biljka koja izaziva tegobe kod ljudi i životinja.

ALS herbicidi (sulfonilureja, imidazolinoni, triazolopirimidini i triazoloni) su vodeći herbicidi u svijetu i u Hrvatskoj jer se primjenjuju na većini od ukupno tretiranih površina. Analizom potrošnje herbicida u razdoblju od 2012. do 2017. utvrđeno je da su u Hrvatskoj ovi herbicidi dominantni po potrošnji (Barić i sur., 2019), a redovito se koriste u svim okopavinskim usjevima (Šćepanović i sur., 2020). Ovi herbicidi inhibiraju sintezu enzima acetolaktat sintaze (ALS) i time onemogućavaju sintezu lančastih aminokiselina valina, leucina i izoleucina, uzrokujući prestanak rasta.

Rezistentnost korova na herbicide je nasljedna sposobnost jedinki biljne vrste da prežive i razmnožavaju se nakon što su bile izložene uobičajeno letalnim dozama herbicida. Rezistentnost je uvijek posljedica dugotrajne primjene istog herbicida (Barić i Ostojić, 2018). Rezistentnost nije pojava koja se podjednako brzo razvija kod svih organizama. U svijetu je danas dokazano 504 slučaja rezistentnosti u 95 kultura i 71 državi (Heap, 2021). Najveći je broj korovnih vrsta rezistentno na herbicide inhibitore acetolaktat sintaze. U svijetu je do danas dokazano 39 slučajeva rezistentnosti ambrozije u raznim kulturama, te je od toga broja, 19 samo na ALS herbicide. Potvrđeni su i slučajevi višestruke rezistentnosti.¹

Da bi prepoznali problem rezistentnosti poljoprivrednim proizvođačima treba duži niz godina. Kada uoče problem, na žalost, najčešće poljoprivrednici postupaju pogrešno. Za neuspješno suzbijanje korova okrivljuju kvalitetu herbicida, povećavaju količinu preparata ili povećavaju broj tretmana na istoj parceli. Međutim, rješenje je u promijeni izbora herbicida, odnosno u primjeni herbicida drugog mehanizma djelovanja kojim će se korovna biljka suzbijati u narednoj godini (Sudimac, 2018).

Sumnja na rezistentnost ambrozije pojavila se u Hrvatskoj u usjevu soje gdje je učinak ALS herbicida na ovu vrstu bio smanjen (Šćepanović i sur., 2020). U okviru projekta financiranog od strane Ministarstva poljoprivrede „*Monitoring rezistentih štetnih organizama na sredstva za zaštitu bilja* (2018 – 2020) sakupljene su potencijalno rezistentne populacije ambrozije iz usjeva soje na kojima je biotest metodom potvrđena rezistentnost na herbicide oksasulfuron i tifensulfuron (Šćepanović i sur., 2020). Za dokazivanja rezistentnosti koristila se biotest metoda gdje su temeljem postotka preživjelih biljaka ambrozije tretiranih s

¹ www.weedscience.org/ , pristupljeno 2. rujna 2021.

registriranom i tri puta većom dozacijom herbicida, biljke klasificirane u 4 skupine: RR, R, SR, i S².

Tema ovog diplomskog rada je utvrditi indeks rezistentnosti na herbicid tifensulfuron. za jednu populaciju ambrozije na kojoj je prethodno potvrđena rezistentost na ovaj herbicid (RR).

² RR - dvostruko rezistentne, R - rezistentne, SR - umjereno osjetljive, S - osjetljive populacije

1.1.Cilj istraživanja

HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA

Doza potrebna da reducira 90%tnu suhu masu rezistentne populacije ambrozije bit će značajno veća od doze potrebne da reducira 90%tnu suhu masu osjetljive populacije ambrozije.

CILJ ISTRAŽIVANJA

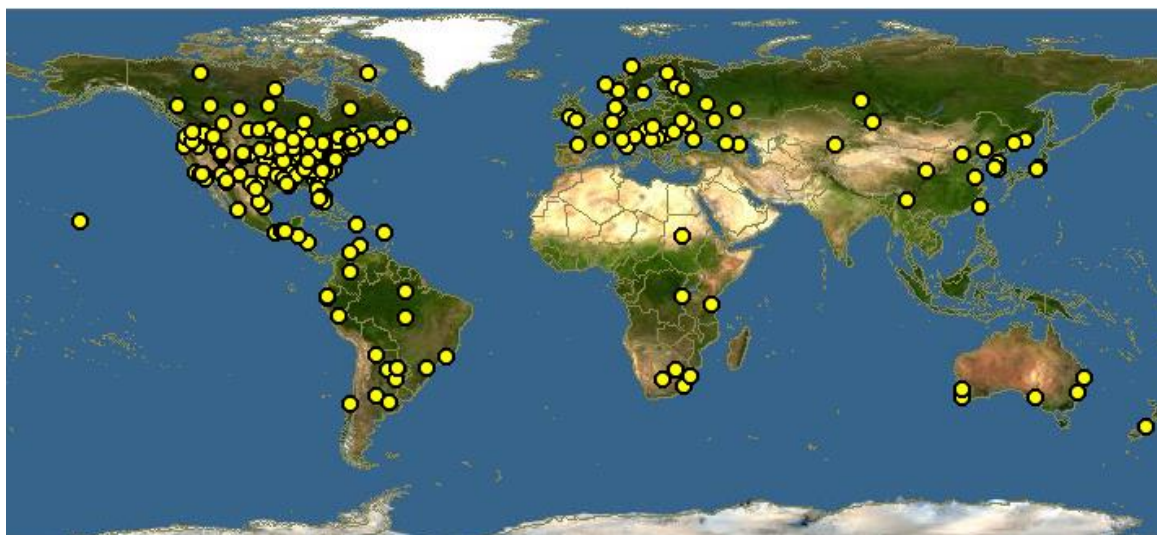
Cilj istraživanja je pomoću biotest metode s linearno rastućim (za R populaciju) i linearno padajućim (za S populaciju) dozacijama herbicida utvrditi indeks rezistentnosti ambrozije na herbicid tifensulfuron.

2. Pregled literature

2.1. Opis vrste *Ambrosia artemisiifolia*

Ambrozija je kozmopolitska vrsta s arealom rasprostranjenosti od 65° sjeverne do 43° južne geografske širine^[3] (slika 2.1). Jednogodišnja je širokolisna korovna vrsta iz porodice glavočika (*Asteraceae*). Jedna je od najvažnijih jednogodišnjih širokolisnih korovnih vrsta u svijetu, a probleme stvara u Sjevernoj i Južnoj Americi, Europi, dijelovima Azije, Afrike i Australije. U kontinentalnoj Hrvatskoj, ambrozija se nalazi na prvom mjestu po učestalosti širokolisnih korovnih vrsta u okopavinskim usjevima (Ostojić, 2011).

Podrijetlom je iz Sjeverne Amerike gdje je prvi put zabilježena kao korov 1838. godine, a u Europu je unesena oko 1860. u luku Hamburg uvozom sjemena crvene djeteline, žita i krumpira (Comtois, 1998). Na području Republike Hrvatske ambroziju je prvi put identificirao Josip Kovačević 1941. godine na području Podravine (Ostojić i sur., 1992). Danas je rasprostranjena u svim područjima i županijama kontinentalnog dijela Republike Hrvatske (Galzina i sur., 2009).



Slika 2.1. Geografska rasprostranjenost vrste *Ambrosia artemisiifolia*⁴

Termofilna je biljna vrsta dugog dana koja niče tijekom cijelog proljeća i ljeta, a visinom dosegne od 20 do 90 cm, a ponekad i do 120 cm. Jedinke koje se pojavljuju u rano proljeće imaju duže vegetacijsko razdoblje koje traje od 150 do 170 dana. Ove jedinke su više, jače granaju i proizvode veće količine sjemena od jedinki koje niču tijekom ljeta (Ostojić, 2001).

Vrste roda *Ambrosia* izraziti su kompetitori koji izazivaju značajne probleme u poljoprivredi zbog kompeticije za vodu, hranjive tvari, svjetlost i životni prostor, te proizvode velike količine sjemena (slika 2.2.). Danas se ambrozija javlja u okopavinama, na strništima nakon žetve žitarica, pokraj putova i željezničkih pruga, te na ostalim ruderalnim staništima

³ www.discoverlife.org, pristupljeno 19. travnja 2021.

⁴ www.discoverlife.org, pristupljeno 19. travnja 2021.

(Rašić, 2011). Ovisno o kulturi koju zakorovljuje, kao i broju jedinki te meteorološkim uvjetima, ambrozija može znatno utjecati na pad prinosa poljoprivrednih usjeva. Ugrožava gotovo sve poljoprivredne kulture, a njezina kompeticijska moć najviše poprima značaj kod uzgoja suncokreta, kukuruza, soje, šećerne repe, krumpira, raznih mahunarki i povrća gdje značajno snižava prinos navedenih kultura (Galzina i sur., 2009).



Slika 2.2.Ambrozija u usjevu suncokreta⁵

Tako je utvrđeno da će se prinos soje pri gustoći ambrozije od 2, 6 i 12 biljaka po m² umanjiti za 76, 91 i 95% odnosno 40, 66 i 80%, ovisno o vegetacijskoj godini. Također povećanjem gustoće biljaka ambrozije u usjevu kukuruza od 9, 18 i 26 biljaka po m² gubitci se kreću od 42-54% (pri gustoći 9 biljaka po m²), preko 62% (pri gustoći od 18 biljaka po m²) do 70-71% (pri gustoći 26 biljaka po m²). Značajne gubitke ambrozija uzrokuje i u usjevu suncokreta, pa tako pri gustoći od 1, 2, 5 i 10 biljaka po m² stvaraju se gubitci prinosa suncokreta za 7, 11, 12 i 37% (Barnes i sur, 2018).

Ambroziji najviše pogoduju svjetla, otvorena staništa, a u početnim fazama razvoja nije fotoosjetljiva (Deen i Swanton, 2001). Vrlo je široke ekološke amplitude, posebno je tolerantna na vlagu i temperaturu, te je stoga vrlo agresivna i široko rasprostranjena. Sposobna je klijati i u uvjetima jakog vodnog stresa, pri smanjenoj količini dostupne vode u tlu. Odgovaraju joj blago kisela kao i blago lužnata tla, a povećanjem kiselosti ili lužnatosti tla, klijavost pada. Uspijeva i pri veoma nepovoljnim uvjetima te brzo postaje dominantan korov. Otporna je i na mehaničko uklanjanje, jer i nakon košnje ponovo potjera (Horvat i Franjić, 2016).

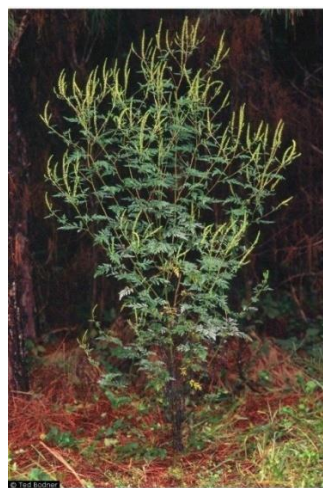
Korijenov sustav je vretenast, kratak, obično zbijen, razgranat i blago rastresit. Glavni korijen je vretenast i jak, te ima bočno korijenje koje osigurava čvrstoću i dobro upijanje hranjivih tvari i vode iz tla. Kako uglavnom ne prodire duboko u tlo, ambrozija se može ukorijeniti u vrlo plitkim i zbijenim tlima, kao i u različitim staništima (Bohren i sur., 2006).

⁵ www.savjetodavna.hr, pristupljeno 4. svibnja 2021.



Slika 2.3. Korijen ambrozije⁶

Visina ambrozije varira od 10 cm do 2,5 m, ovisno o uvjetima okoliša. Stabljika je uspravna, razgranata u gornjem dijelu, te je obrasla grubim dlačicama (Essl i sur., 2015). Boja joj varira od zelenosive do crvenkaste. Poprečni presjek je okrugao ili četverobridan.



Slike 2.4. i 2.5. Stabljika ambrozije⁷

Listovi ambrozije su nasuprotno smješteni na stabljici. Perasto su razdijeljeni u uske, izduženo-lancetaste režnjeve. Lice lista je tamnozeleno, a naličje je sivkasto zeleno (Essl i sur., 2015).

⁶ <http://www.hiltonpond.org/ThisWeek070915.html>, pristupljeno 4. svibnja 2021.

⁷ <https://images.app.goo.gl/ismcu33ZfiMRiqh46>, pristupljeno 5. svibnja 2021.

<https://images.app.goo.gl/cE8aDgekyHD42Y1q8>, pristupljeno 5. svibnja 2021.



Slika 2.6. List ambrozije⁸

Ambrozija je jednodomna vrsta i ima cvjetne glavice s muškim ili ženskim cvjetovima. Muške glavice sadrže 10-15 blijedožutih muških cvjetova okrenutih prema dolje. Glavice formiraju jednospolne, složene, viseće, klasaste cvati na vršnim dijelovima stabljike i grana. Muški cvjetovi stvaraju velike količine peludnih zrnaca koji se nalaze na vrhu biljke te se vjetrom raznose i više od 300 km, a svaka biljka oslobađa stotine milijuna peludnih zrnaca u jednoj vegetaciji (Hegi, 1979).



Slika 2.7. Muški cvat ambrozije⁹

Ženski cvjetovi su skupljeni u jednospolne ženske cvati ili su pojedinačni, zelenkastobjeličaste boje te se nalaze u pazušcima gornjih listova (Bassett i Crompton 1975). Ženski cvjetovi se najčešće pojavljuju 7 do 10 dana nakon muških cvjetova.

⁸ <https://images.app.goo.gl/ZsSo5Ekh17SjJrGA>, pristupljeno 5. svibnja 2021

⁹ <https://images.app.goo.gl/cJBp3KgeR23hWWN7A>, pristupljeno 5. svibnja 2021.



Slika 2.8. Ženski cvat ambrozije¹⁰

Plod, odnosno sjeme ambrozije najčešće je svijetlosmeđe, žućkaste do crvenkasto-smeđe boje. Sjeme je duljine je 3-4 mm zaštićeno unutar ploda roške (Essl i sur., 2015). Ambroziju karakterizira veoma izražena varijabilnost u veličini, boji i obliku (Fumanal i sur., 2007).



Slika 2.9. Varijabilnost sjemena ambrozije¹¹

Ambrozija se razmnožava sjemenom, a širenje sjemena se događa pod utjecajem vjetra (anemohorija), vode (hidrohorija), životinja (zoohorija) i ljudske aktivnosti (antropohorija) (Bassett i Crompton, 1975). Invazivna je vrsta, te se na nova područja godišnje može proširiti od 6 do 20 km (Galzina i sur., 2009). Uobičajeno se po biljci formira 500 do 3 000 sjemenki, a istraživanjem je maksimalno utvrđeno 60 000 sjemenki po biljci (Brandes i Nitzsche, 2006). Sjeme ambrozije odlikuje se vrlo dobrom dormantnosti sjemena (Baskin i Baskin, 1980), što znači da može zadržati svoju klijavost u tlu više od četrdeset godina. To ukazuje na iznimno

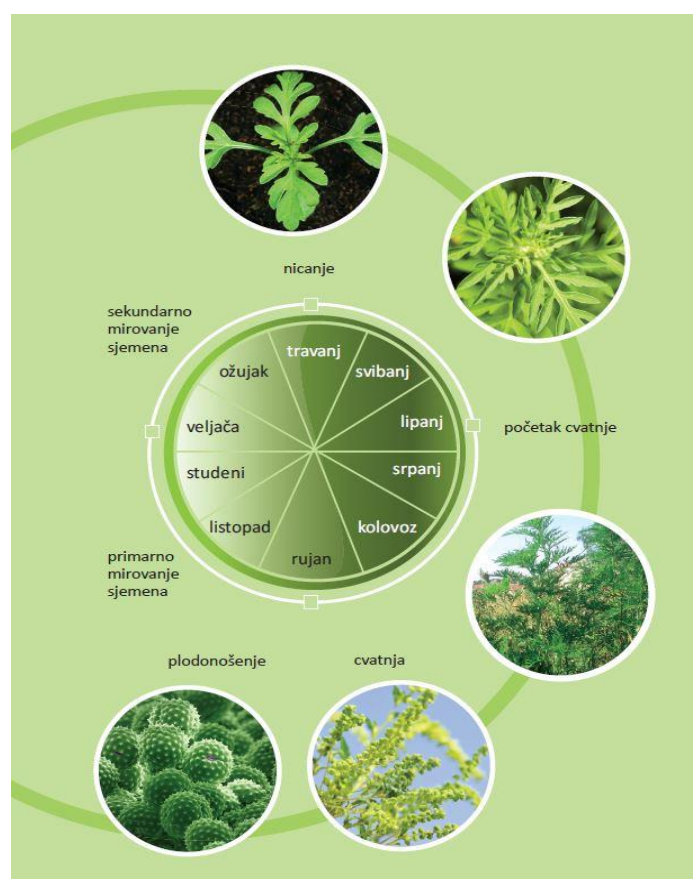
¹⁰ <https://images.app.goo.gl/eBBCNd6rc5k6Fzbc6>, pristupljeno 5. svibnja 2021.

¹¹ <https://images.app.goo.gl/FtxHjeJbaQQAiH1C7>, pristupljeno 5. svibnja 2021.

visok reproduktivni potencijal ove vrste (Levente i sur., 2003). Međutim, sjeme ambrozije na površini tla ili iz gornjeg sloja tla može izgubiti klijavost nakon četiri godine (Kazinczi i sur., 2008).

Jedan od osnovnih razloga brzog širenja ove neofitne biljne vrste jest činjenica da ambrozija na novom području nema svojih prirodnih neprijatelja (insekata, gljiva, bakterija, virusa) s kojima se inače, u svojoj postojbini susreće (Evans i sur., 2001).

Ambrozija niče u proljeće, već od ožujka ovisno o temperaturi tla, te ima vremenski razvučen period nicanja. S povećanjem temperatura, vegetacijski rast je pojačan tijekom lipnja i srpnja značajnim produljenjem stabljike i grananjem ovisno o raspoloživosti resursa ili gustoće populacije (Leskovšec i sur., 2012). Cvatnja započinje početkom srpnja i traje sve do početka prvog jesenskog mraza. Cvatnja ambrozije traje relativno dugo, od 30 do 40 dana (Kovačević i Groman, 1964). Sjeme dozrijeva do kasno u jesen, te se širi pod utjecajem vjetra, vode, životinja ili ljudske aktivnosti, te dopijeva u banku sjemena u tlu, gdje prolazi primarnu dormantnost. Nakon primarne dormantnosti sjemenke ponovno klijaju ili prelaze u sekundarnu dormantnost ukoliko sjeme nije uspjelo klijati zbog nepovoljnih uvjeta.



Slika 2.10. Životni ciklus ambrozije¹²

¹² <https://images.app.goo.gl/ux5U3VTh6D6n4Fzu7>, pristupljeno 3. lipnja 2021.

Osim što je štetna korovna vrsta, ambrozija je poznata i kao opasna alergena biljka koja izaziva tegobe kod ljudi i životinja (Lommen i sur., 2018). Pelud ambrozije izaziva više problema nego li sve druge alergogene biljke zajedno (Wodehouse, 1971). Prema nekim procjenama 10 % stanovništva Hrvatske alergično je na polen ove biljne vrste, a broj oboljelih se iz godine u godinu povećava (Galzina i sur. 2009).



Slika 2.11. Koncentracija peluda ambrozije u Europi¹³

Zbog svoje duge cvatnje tijekom ljetnih mjeseci, ona proizvodi i ogromne količine alergene peludi, stoga je i od izuzetne važnosti spriječiti njezino daljnje širenje (Radojčić, 2014). Budući da je pelud male težine, vjetar je može raznijeti i nekoliko stotina kilometara daleko. Daniels (2004) navodi da je pelud ambrozije nađena čak 650 km od obale i 3 km visoko u atmosferi. Najviše peludi ambrozije u zraku nalazi se od 20. kolovoza do 5. rujna (Antunović, 2013).



Slika 2.12. Simptom alergije na ambroziju¹⁴

¹³ <http://skr.rs/6Pk>, pristupljeno 3. lipnja 2021.

¹⁴ <http://skr.rs/6PX>, pristupljeno 4. lipnja 2021.

2.2. Tifensulfuron

Tifensulfuron je herbicid koji pripada u skupinu sulfonilureja herbicida (SU). U Hrvatskoj su osim tifensulfurona registrirane i druge aktivne tvari: amidosulfuron, flzasulfuron, foramsulfuron, jodsulfuron, metasulfuron-metil, mesosulfuron, nikosulfuron, oksasulfuron, prosulfuron, rimsulfuron, tribenuron, triflusulfuron i tritosulfuron.

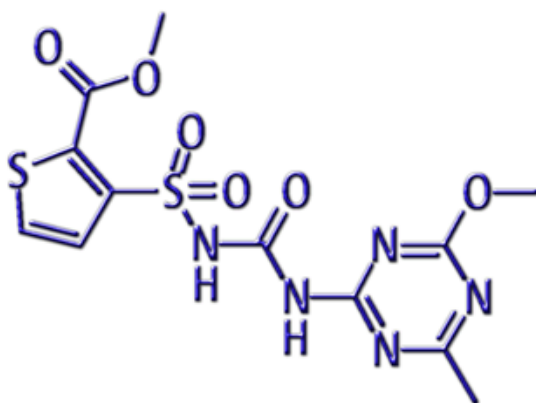
Sulfonilureja herbicidi su skupina visoko aktivnih sistemskih (translokacijskih) herbicida koji se koriste za selektivno suzbijanje širokolisnih i uskolisnih korova u različitim kulturama. Prema mehanizmu djelovanja inhibitori su acetolaktat sintaze (HRAC¹⁵) i time onemogućavaju sintezu lančastih aminokiselina valina, leucina, i izoleucina, i prestanak rasta. Ovaj je enzim najviše aktivan u meristemskom tkivu, pa su prvi simptomi fitocidnog učinka te skupine herbicida vidljivi na mladom lišću biljnih vrsta (Šćepanović i sur.2020). Primjenjuju se u vrlo malim količinama i karakteriziraju ih visoka selektivnost kao i povoljne ekotoksikološke i toksikološke karakteristike.

ALS herbicidi koriste se u većini ratarskih usjeva, višegodišnjim nasadima, nekim povrtnim kulturama pa i na nepoljoprivrednim površinama (željezničke pruge).

Pripravci na bazi tifensulfuron-metila su selektivni post-em herbicidi namijenjeni za suzbijanje širokolisnih korova u usjevu kukuruza od 2 do 5 lista i soji od 1 do 3 troliske dok su korovi u fazi od 2-4 lista. Rabi se za suzbijanje širokolisnih korova, i nekih prema atrazinu rezistentnih korova (*Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Abutilon theophrasti*) u kukuruзу i soji (Barić i Ostojić, 2019).

Tifensulfuron je registriran u brojnim zemljama uključujući Hrvatsku, Austriju, Belgiju, Bugarsku, Češku, Njemačku, Dansku, Estoniju, Grčku, Španjolsku, Finsku, Francusku, Mađarsku, Irsku, Italiju, Litvu, Luxemburgu, Latviju, Nizozemsku, Poljsku, Portugal, Rumunjsku, Švedsku i Sloveniju.¹⁶

Kemijski naziv prema IUPAC-u¹⁷ glasi 3 - [(4-metoksi-6-metil-1,3,5-triazin-2-il) karbamilsulfamoil] tiofen-2-karboksilna kiselina, s molekularnom formulom C₁₁H₁₁N₅O₆S₂.



Slika 2.13. Strukturna formula tifensulfurona¹⁸

¹⁵ Herbicide Resistance Action Committee, pristupljeno 15. svibnja 2021.

¹⁶ <https://ec.europa.eu/>, pristupljeno 15. svibnja 2021.

¹⁷ International Union of Pure and Applied Chemistry, pristupljeno 16. svibnja 2021.

¹⁸ www.fis.mps.hr pristupljeno 20. lipnja 2021.

Tifensulfuron brzo zaustavlja rast osjetljivih širokolisnih korova. Međutim, tipični simptomi oštećenja korova, poput promjene boje, možda neće biti vidljivi za 1-3 tjedna nakon primjene, ovisno o uvjetima okoliša i osjetljivosti na korov. U registracijskoj dozvoli je navedeno da tifensulfuron postiže zadovoljavajuća djelovanja na korovne vrste: *Ambrosia artemisiifolia* L. (pelinoliski limundžik), *Amaranthus* spp. (šćirevi), *Galeopsis tetrahit* (obični šupljozub), *Matricaria* spp. (kamilica), *Stellaria media* (mišjakinja), *Rumex sanguines* (štavalj) i druge jednogodišnje širokolisne korove.¹⁹

U Hrvatskoj su registrirana dva pripravka na osnovi tifensulfurona: Harmony SX, Evorelle Express.²⁰ Tifensulfuron je dostupan u obliku dispergirajućih granula (WG). Umjereno je topljiv u vodi pri 25 °C (54,1 mg/l). Pri neutralnom pH, vrijeme poluraspada pri pH 7 i temperaturi od 45 °C je 250 sati. pH vrijednost tifensulfurona je između 4 i 7. Fotolitička degradacija tifensulfurona je spora. Ima nisku akutnu toksičnost za štakore i kuniće, nije bio nadražujući kod zečje kože i očnih testova i nije izazvao senzibilizaciju kod preosjetljivosti kože zamorca. Također je pokazao nisku subkroničnu toksičnost kod miša i psa (FAO, 2011).

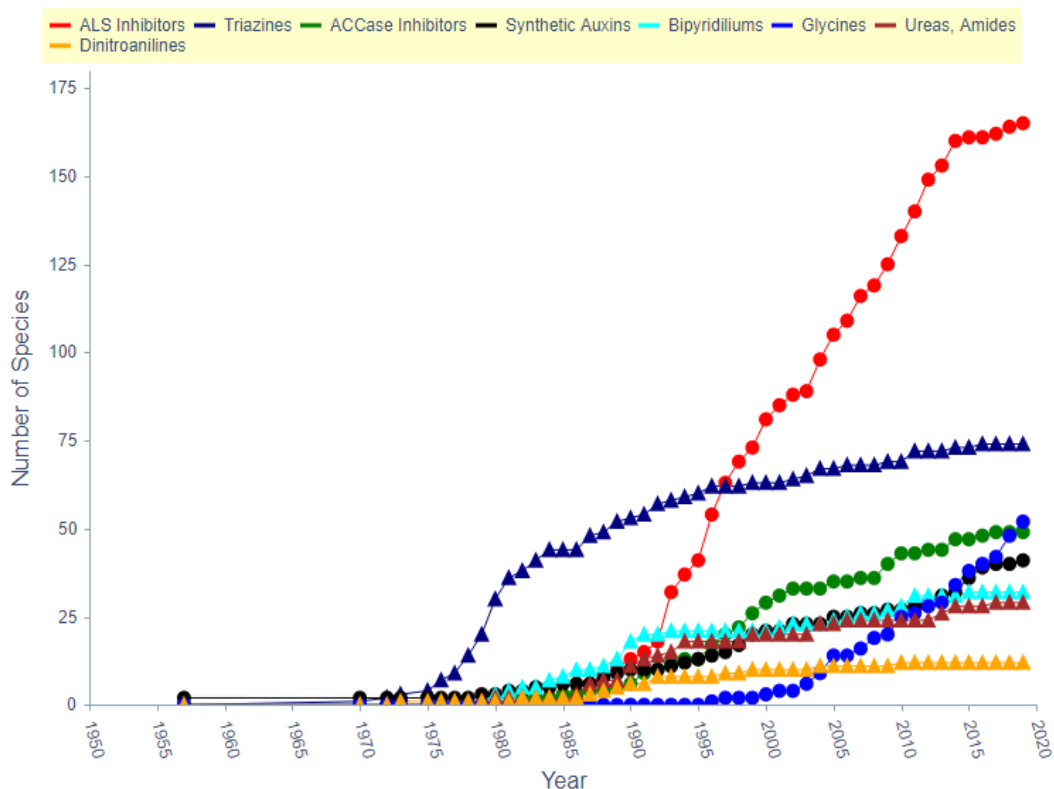
2.3. Rezistentnost

Jedan od važnijih problema današnje kemijske zaštite poljoprivrednih kultura jest pojava rezistentnosti korovnih vrsta na herbicide. Do nastanka rezistentnih biotipova korova na herbicide najčešće dovodi učestala primjena istog herbicida ili herbicida istog mehanizma djelovanja. Prema HRAC-u rezistentnost korova na herbicide je prirodna i nasljedna sposobnost nekih biotipova korova unutar određene populacije da prežive tretman herbicidom, kojim bi u normalnim uvjetima uspješno suzbio tu populaciju. Uzastopnom dugotrajnom primjenom vrši se selekcijski pritisak (Barić i Ostojić, 2017). Korovi rezistentni na herbicide zahtijevaju brze i radikalne promjene u pristupu suzbijanja korova, povećavaju troškove, dovode do gubitka profita i zahtijevaju mnogo znanja za provedbu antirezistentnih mjera (Malidža i Rajković, 2018).

U svijetu je danas dokazano 504 slučaja rezistentnosti u 95 usjeva i 71 državi (Heap, 2021). Najveći broj slučajeva rezistentnosti korova na herbicide utvrđen je u hektarski najvećim kulturama gdje se herbicidi najviše i najdulje primjenjuju. Analizom potrošnje pesticida utvrđeno je da se ALS herbicidi koriste s konstantnim trendom rasta iz godine u godinu i da se redovito koriste u glavnim ratarskim kulturama: kukuruzu, pšenici, soji i strnim žitaricama (Barić i sur., 2019). Zbog toga što se primjenjuju iz godine u godinu s konstantnim trendom rasta u gotovo svim poljoprivrednim kulturama postoji veliki rizik za pojavu rezistentnih jedinki. Pojava rezistentnih biotipova korova u svijetu najviše je prisutna kod četiri najznačajnije skupine herbicida (ALS inhibitori, inhibitori fotosinteze u fotosustavu II, inhibitori ACCase i inhibitori EPSP sintaze)²¹. Najveći broj rezistentnih korova je utvrđen na herbicide koji pripadaju u ALS skupinu (Graf 2.1.).

²⁰ www.fis.mps.hr, pristupljeno 8. lipnja 2021.

²¹ www.weedscience.org, pristupljeno 2. rujna 2021.



Graf 2.1. Broj rezistentnih korova na nekoliko različitih mehanizama djelovanja herbicida (Heap, 2021)

U svijetu još nije dokazana rezistentnost ambrozije na herbicid tifensulfuron, ali je rezistentna na druge herbicide istog mehanizma djelovanja.

U svijetu je do danas dokazano 39 slučajeva rezistentnosti ambrozije u raznim usjevima, te je od toga broja, 19 samo na ALS herbicide (tablica 2.1). Potvrđeni su i slučajevi višestruke rezistentnosti.²²

²² www.weedscience.org/, pristupljeno 2. rujna 2021.

Tablica 2.1. Utvrđena rezistentnost ambrozije na ALS herbicide

Godina	Država	Aktivna tvar	Usjev	Mjesto djelovanja
2000	Canada	chlorimuron-ethyl, cloransulam-methyl i imazethapyr	soja	ALS inhibitori (B/2)
2007	Canada (Quebec)	cloransulam-metil imazetapir	soja	ALS inhibitori (B/2)
1998	United States (Indiana)	cloransulam-methyl, and imazethapyr	soja	ALS inhibitori (B/2)
1998	United States (Illinois)	Cloransulam-methyl, and imazethapyr	soja	ALS inhibitori (B/2)
1998	United States (Michigan)	cloransulam-methyl, imazamox, and imazethapyr	kukuruz, soja	ALS inhibitori (B/2)
1998	United States (Minnesota)	cloransulam-methyl, imazethapyr, and primisulfuron-methyl	soja	ALS inhibitori (B/2)
1998	United States (Ohio)	imazamox, primisulfuronmethyl, and prosulfuron	soja	ALS inhibitori (B/2)
2013	United States (Wisconsin)	cloransulam-methyl	soja	ALS inhibitori (B/2)

3. Materijali i metode rada

Sjeme potencijalno rezistentne populacije ambrozije (s lokaliteta Račinovci; 44°51'50"N 18°57'19"E) i potencijalno osjetljive ambrozije (s lokaliteta Sinjsko polje; 43°40'31"N 16°41'44"E) sakupljeno je u 2019 godini. S tim sjemenom proveden je biotest primjenom registrirane i tri puta višom dozacijom tifensulfurona. Pokusom je utvrđeno da se radi o RR i S populaciji (Šćepanović i sur., 2020). S ovim sjemenom obavljen je nastavak istraživanja. Sjeme obje populacije je očišćeno gumenim čistačem te pohranjeno u papirnate vrećice u hladnjak na 4°C.



Slika 3.1. Čišćenje sjemena ambrozije gumenim čistačem (foto: T.Grgić)

Prije provođenja biotesta obavljeni su preliminarni testovi klijavosti. Sjeme ambrozije postavljeno je u Petrijeve zdjelice na filter papir s dodatkom 5 ml destilirane vode. Posijano je po 25 sjemenki ambrozije u 4 ponavljanja. Prvo očitavanje klijavosti izvršeno je 7 dana nakon sjetve, a drugo očitavanje nakon 14 dana. Sjeme je nakon utvrđene klijavosti potopljeno u tioureju na 24 h te posijano u stiroporne kontejnere (slika 3.2.).



Slika 3.2. Stiroporni kontejneri u koje je posađeno sjeme ambrozije (foto: T. Grgić, 2019)

Kad su biljke potpuno razvile kotiledone (BBCH 10) presađene su u plastične lonce dimenzija 17 cm x 17 cm, po pet biljaka ambrozije u svaki lonac. Biljke u svim posudama su

svakodnevno navodnjavane sustavom za navodnjavanje „kap na kap“ (GARDENA, Master, Australija). Prije tretiranja u svakoj posudi utvrđen je broj biljaka i razvojna faza za svaku biljku u loncu. Za dobivanje *dose-response* krivulje ponikle biljke tretirane su linearno rastućim (od 1/2 do 64 puta većom dozacijom od registrirane) i padajućim (od 2 puta do 1/64 puta manjom dozacijom od registrirane) dozacijama herbicida (Tablice 3. 1. i 3.2.). Tretiranje je obavljeno 10.06.2020., kada je ambrozija bila u razvojnoj fazi BBCH 12-14. Za tretiranje korištena je ledna prskalica EUROPULVE, a utrošeno je 200 litara ha⁻¹ škropiva.

Doza tifensulfurna, g ha ⁻¹			
S populacija		R populacija	
1/64 x	0,12	64 x	480
1/32 x	0,23	32 x	240
1/16 x	0,47	16 x	120
1/8 x	0,94	8 x	60
1/4 x	1,88	4 x	30
1/2 x	3,75	2 x	15
x	7,5	x	7,5
2x	15	1/2 x	3,75

Tablica 3.1. Dozacije tifensulfurona za biljke osjetljive i rezistentne populacije

Osjetljivost obje populacije ambrozije utvrđivana je sljedećim parametrima:

- vizualnom ocjenom oštećenja (0-100%) nadzemne biljne mase ambrozije 7, 14, 21 i 28 dana nakon tretiranja [EPPO standard PP 1/135 (4)]
- utvrđivanjem svježe nadzemne mase ambrozije 28 DNT²³
- utvrđivanjem suhe nadzemne mase sušenjem svježe nadzemne mase ambrozije u stacionarnom sušioniku biljnog materijala na temperaturi od 70°C do konstantne mase (4 tjedna nakon tretiranja).

Kod „*dose-response*“ testova potencijalno rezistentne i potencijalno osjetljive biljke tretiraju se linearno rastućim/padajućim dozacijama herbicida te se procjenjuje dozacija koja je potrebna za suzbijanje 50% biljne mase željene vrste (GR₅₀). Iz omjera GR₅₀ za R i S biljke izračunava se indeks rezistentnosti²⁴.

Dobiveni podatci obrađeni su jednosmjernom analizom varijance 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 doze herbicida potrebne da suzbije 90% suhe nadzemne mase ambrozije korištena je logistička funkcija u programu Bioassay97.

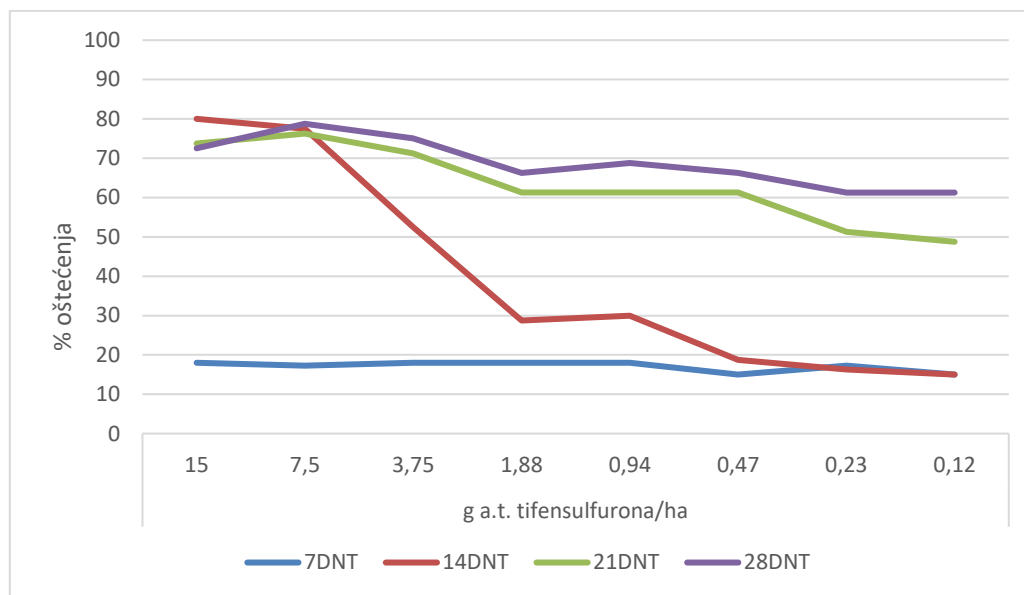
²³ DNT – dan nakon tretiranja

²⁴ http://hracglobal.com/europe/files/docs/Europe_Guidelines_Herbicide_Resistance-tests_13Oct17.pdf, pristupljeno 2. rujna 2020.

4. Rezultati rada i rasprava

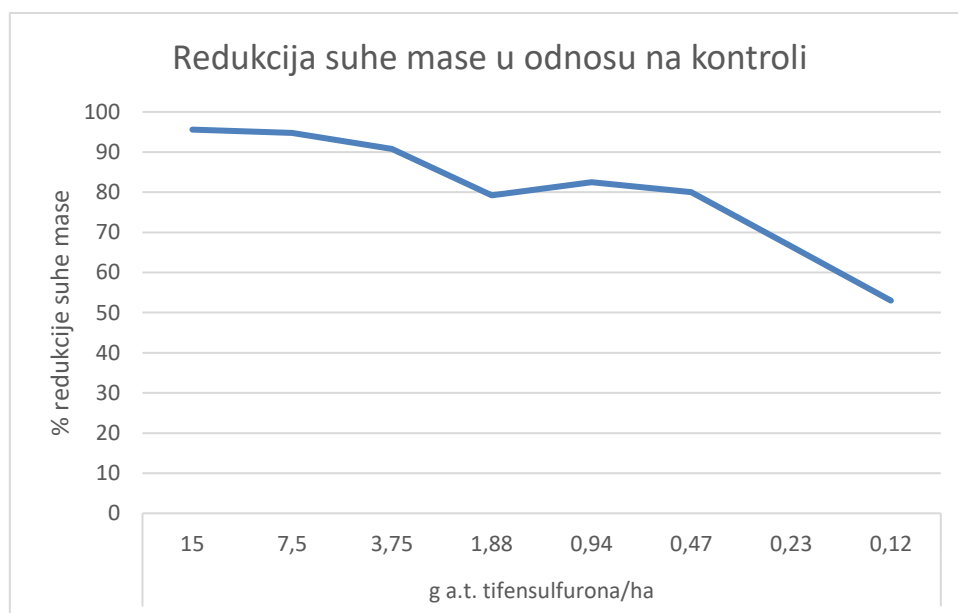
4.1. Osjetljiva (S) populacija ambrozije

Kod vizualne ocjene oštećenja utvrđen je progresivan trend odnosno vizualno jača oštećenja ambrozije pri kasnijim ocjenama u odnosu na ranije ocjene što je karakteristično za način djelovanja istraživog herbicida u osjetljivim populacijama.



Grafikon 4.1. Vizualna ocjena oštećenja ambrozije 7, 14, 21 i 28 DNT

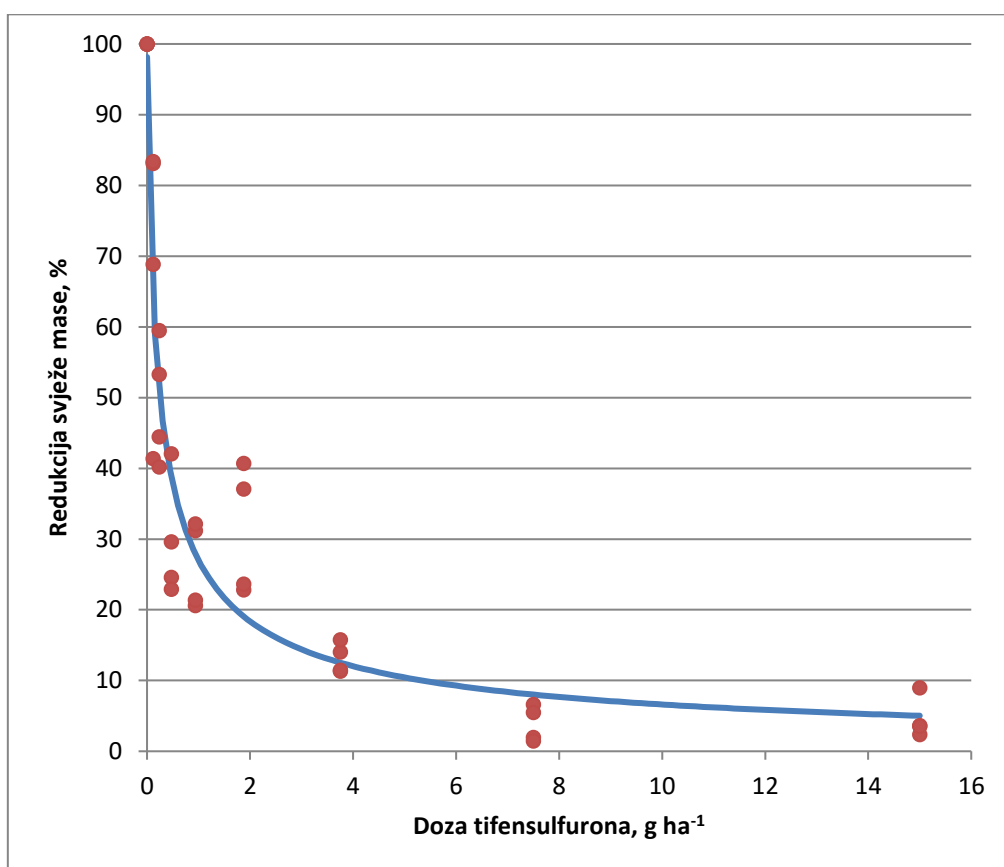
Vizualne ocjene oštećenja ovisile su o vremenu ocjene, dozaciji herbicida, linearno se smanjujući sa smanjivanjem dozacije. Tako je vizualna ocjena oštećenja bila najniža kod prve ocjene (7 DNT), a simptomi oštećenja su bili najjače izraženi prilikom posljednje vizualne ocjene oštećenja (28 DNT). Prilikom prve ocjene oštećenja (7 DNT) utvrđena su vrlo slaba oštećenja ambrozije koja nisu prelazila 20% čak ni kod dvostruko veće doze od registrirane. Kod druge ocjene oštećenja (14 DNT) vidljiv je značajan linearan pad vrijednosti vizualne ocjene oštećenja smanjivanjem doze herbicida. Kod 64 puta manje dozacije od registrirane (0,12 g) oštećenja su bila niža od 20%, dok su na 2 puta veću dozu od registrirane (15 g) oštećenja bila oko 80%. Prilikom posljednje ocjene (28 DNT) utvrđena su visoka oštećenja ambrozije gdje su oštećenja bila oko 80%. Vizualna oštećenja 28 DNT ni kod najmanje dozacije nisu bila niža od 60%.



Grafikon 4.2. Prosječna vrijednost redukcije suhe mase osjetljive populacije ambrozije 28 DNT

Prosječna vrijednost suhe mase osjetljive populacije ambrozije smanjivala se s povećanjem doze tifenksulfurona. Povećanjem doze, reducirala se suha nadzemna masa ambrozije, odnosno već kod 64 puta manje doze od registrirane, prosječna vrijednost suhe mase reducirala se oko 50% u odnosu na kontrolu, a svako iduće povećanje dozacije redukcija suhe mase je bila iznad 70%. Iznimka je bila kod 4 puta manje doze od registrirane, gdje je redukcija suhe mase bila manja u odnosu na redukciju suhe mase kod 8 i 16 puta manje doze od registrirane. Najmanja suha masa ambrozije utvrđena je primjenom registrirane i dva puta veće dozacije tifenksulfurona, gdje je redukcija suhe mase bila preko 90% u odnosu na kontrolu.

Temeljem podataka o redukciji svježe nadzemne biljne mase primjenom linearno padajućih dozacija tifensulfurona logističkom krivuljom procijenjena je dozacija herbicida potrebna za redukciju 50% biljne mase (GR_{50}) i ona iznosi 025 g ha^{-1} .



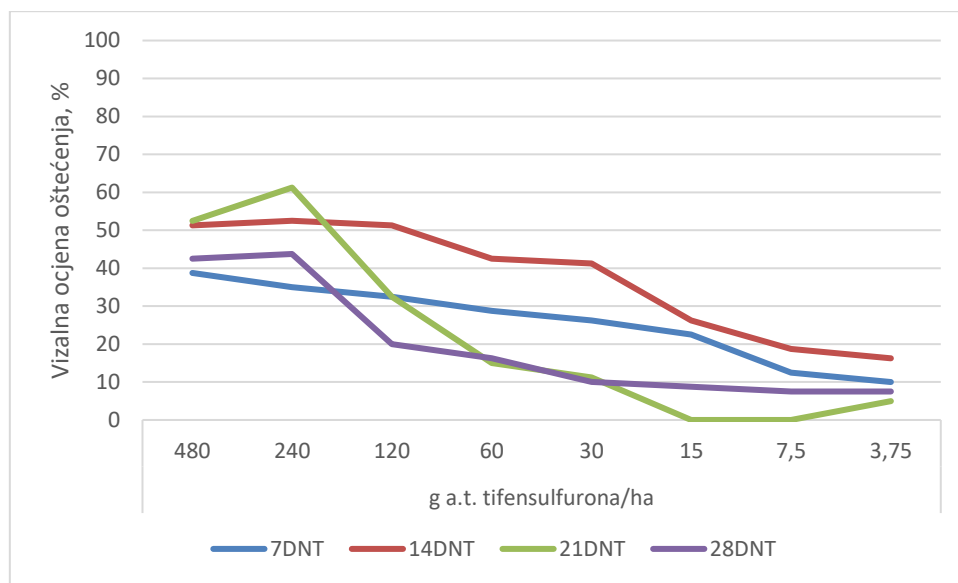
Grafikon 4.3. Procijenjena efektivna doza herbicida tifensulfurona potrebna za redukciju svježe nadzemne mase osjetljive populacije ambrozije. Linija predstavlja odgovor (*response*) logističkom funkcijom, a točkice utvrđene vrijednosti svježe mase ambrozije pri linearno padajućim dozacijama istraživanih herbicida



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

4.2. Rezistentna (R) populacija ambrozije

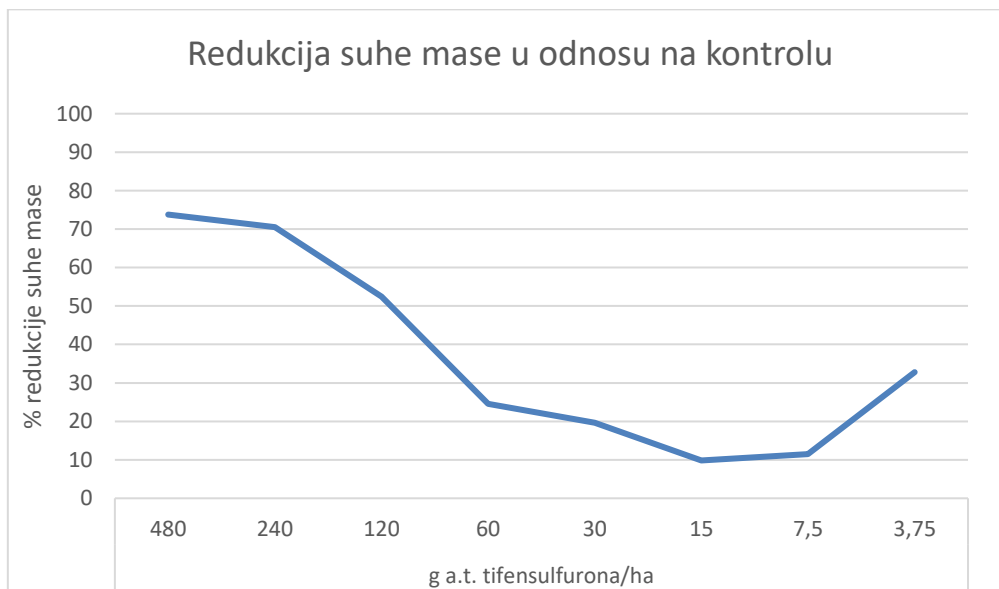
Iz grafikona 4.4. vidljivo je da je utvrđen vrlo nizak učinak herbicida na ambroziju. Za razliku od osjetljive populacije, kod potencijalno rezistentne populacije je utvrđen degresivni trend, odnosno simptomi oštećenja su bili manje vidljivi posljednjeg ocjenjivanja u odnosu na prve ocjene.



Grafikon 4.4. Vizualna ocjena oštećenja ambrozije 7,14,21 i 28 DNT

Vizualna oštećenja na ambroziji su se blago povećala povećanjem dozacije istraživanog herbicida, ali nisu zabilježena jača fitotoksična oštećenja u odnosu na netretirane biljke. Ni kod jedne primijenjene dozacije vizualna ocjena oštećenja nadzemne mase ambrozije nisu bila veća od 62%. Čak i s 64 puta većom dozom tifensulfurona (480 g a.t./ha) od preporučene (7,5 g a.t./ha) utvrđena su oštećenja od 53%. Nešto veći učinak herbicida na ambroziju bio je kod prve dvije vizualne ocjene oštećenja, odnosno 7 i 14 DNT, no oštećenja nisu prelazila 62%. Prilikom posljednje ocjene (28 DNT) oštećenja su bila najslabija, pa su kod 32x veće doze od registrirane iznosila bila samo 8%, što ukazuje da su se biljke ambrozije oporavile. Utvrđivanjem prosječne vrijednosti redukcije suhe mase ambrozije utvrđeno je da se prosječna vrijednost suhe mase reducirala za oko 74% u odnosu na kontrolu kod 64 puta veće doze od registrirane (7,5 g a.t./ha).

Iz grafikona 4.5. je vidljivo da nijedna korištena dozacija herbicida tifensulfurona nije reducirala suhu nadzemnu masu ambrozije za više 74%. Logističkom krivuljom je procijenjena dozacija koja reducira ambroziju za 50%. Tako je za redukciju 50% ambrozije potrebno 171,94 g tifensulfurona na hektar. S obzirom da je registrirana dozacija tifensulfurona 7,5 grama djelatne tvari po hektaru, 50%tna redukcija suhe nadzemne mase ambrozije bi se ostvarila s primjenom 23 puta veće dozacije tifensulfurona od preporučene. Rezultati istraživanja jasno ukazuju da je na lokaciji Račinovci ambrozija razvila rezistentnost na herbicid tifensulfuron.

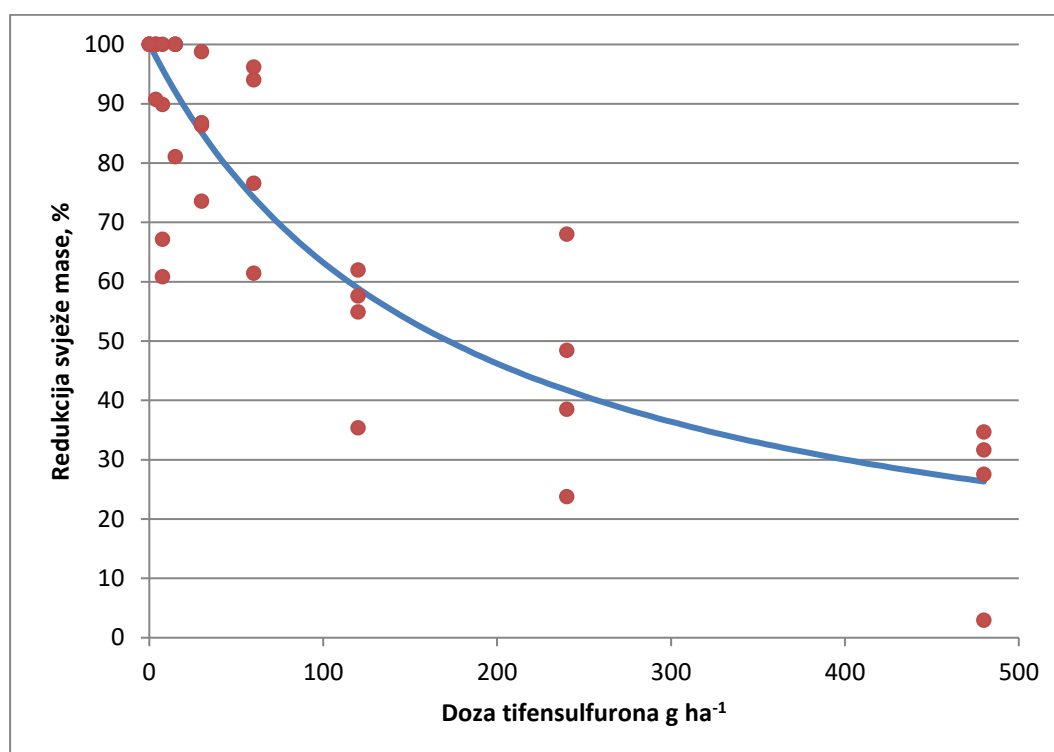


Grafikon 4.5. Prosječna vrijednost redukcije suhe mase rezistentne populacije ambrozije 28 DNT



Slika 4.2. Rezistentna populacija ambrozije (foto: Šćepanović, M.)

Temeljem GR₅₀ vrijednosti za R i S populaciju izračunat je indeks rezistentnosti koji iznosi 687,76 što upućuje na visoki stupanj rezistentnosti ambrozije na herbicid tifensulfuron.



Grafikon 4.6. Procijenjena efektivna doza herbicida tifensulfurona potrebna za redukciju svježe nadzemne mase rezistente populacije ambrozije. Linija predstavlja odgovor (*response*) logističkom funkcijom, a točkice utvrđene vrijednosti svježe mase ambrozije pri linearno padajućim dozacijama istraživanih herbicida

U Europi još nema službenih podataka o rezistentnim populacijama ambrozije na ALS herbicide, pa tako i na herbicid tifensulfuron. Barić i sur. (2019) navode kako je analizom potrošnje pesticida utvrđeno da se ALS herbicidi koriste s konstantnim trendom rasta iz godine u godinu i to u hektarski najvećim kulturama te s obzirom na to ne čude dokazi o sve većem broju korova otpornih na ALS herbicide, pa tako i na herbicid tifensulfuron. U svijetu još nema službenih podataka o rezistentnim populacijama ambrozije na herbicid tifensulfuron, ali brojni su dokazi rezistentnosti herbicida tifensulfurona na druge korovne vrste. Tako je *Amaranthus hybridus* razvio rezistentnost na atrazin, imazamoks i tifensulfuron (Maertens i sur., 2004), dok su *Amaranthus powellii* i *Amaranthus retroflexus* razvili rezistentnost na tifensulfuron (Ferguson i sur., 2001). Whitaker (2009) je također utvrdio unakrsnu rezistenciju na tifensulfuron u odabranim populacijama *Amaranthus palmeria*. Visoka rezistentnost na herbicid tifensulfuron utvrđena je i u Sjevernoj Karolini kod vrste *Amaranthus palmeri*, u usjevima soje i pamuka visoko zakorovljenom ovom korovnom vrstom (Poirier i sur., 2013). U Japanu je također dokazana rezistentnost *Alopecurus aequalis* na herbicid tifensulfuron, u usjevima riže i pšenice koja su bila jako zaražena korovnom vrstom *Alopecurus aequalis*. U Hrvatskoj je dokazana rezistentnost divljeg sirka na ALS herbicide gdje je logističkom krivuljom procijenjena dozacija herbicida potrebna za redukciju 50% nadzemne mase S populacije divljeg sirka (GR₅₀): 1,5 grama za nikosulfuron, 3,89 grama za imazamoks

(registrirana dozacija 50 grama) i 5,6 grama za foramsulfuron (registrirana dozacija 56,3 grama). Na potencijalnoj rezistentnoj populaciji utvrđen je visok stupanj rezistentnosti za sva tri herbicida a vrijednosti GR₅₀ iznosile su: 121,8 grama za nikosulfuron, 2076 grama za foramsulfuron te 604,9 grama za imazamoks, dok je indeks rezistentnosti iznosio: 81,86 za nikosulfuron, 370,78 za foramsulfuron i 155,47 za imazamoks (Grgić i Rakonić, 2020).

Kao prvi korak u dokazivanju rezistentnosti biotest metodom potrebno je bilo utvrditi osjetljivost osjetljive (S) populacije ambrozije na herbicid tifensulfuron. Ova populacija ambrozije sakupljena je sa površine na kojoj se nikad nisu primjenjivali ALS herbicidi. Rezultati provedenih biotestova na S populaciji ambrozije ukazuju da se radi o visoko osjetljivoj populaciji na istraživani herbicid.

Wang i sur. (2017) također su utvrđivali rezistentnost tifensulfurona, ali na korovnu vrstu oštrodлакavi šćir (*Amaranthus retroflexus*) gdje su utvrdili da je za redukciju nadzemne mase šćira od 50% (GR₅₀) procijenjeno da treba svega 2,05 odnosno 52,45 g a.t./ha odnosno 25,6 puta niža doza od registrirane čime rezistentnost nije potvrđena.

Malidža i Rajković (2018) također su utvrđivali rezistentnost na ALS herbicide. Međutim istraživanje osjetljivosti se provodilo s herbicidima nikosulfuron i imazamoks gdje su utvrdili vrijednosti GR₅₀ za nikosulfuron od 1,32 grama te za imazamoks 3,59 grama na osjetljivim populacijama divljeg sirka gdje je također potvrđeno da se radi o visoko osjetljivim populacijama.

Za razliku od S populacije, kod potencijalno rezistentne populacije biotest je proveden s linearno rastućim dozacijama herbicida, a najviša korištena doza je bila 64 puta viša nego registrirana. Rezultati ukazuju da ova populacija ambrozije nije bila suzbijena čak ni primjenom najviše dozacije herbicida (480 g a.t./ha). Tako je vizualnom ocjenom oštećenja utvrđeno maksimalno oštećenje od 62%, a kod registrirane dozacije oštećenje nadzemne mase ambrozije nije prelazilo 20% (graf 4.4.). *Dose-response* krivuljom procijenjene su GR₅₀ vrijednosti koje iznose 171,94 grama, za redukciju 50% svježe mase što je 23 puta veća doza od registrirane. Dobiveni podaci jasno ukazuju da je ova populacija ambrozije visoko rezistentna na tifensulfuron. Utvrđen indeks rezistentnosti iznosi 687,76 što upućuje na visoki stupanj rezistentnosti na herbicid tifensulfuron.

Slične rezultate o indeksu rezistentnosti utvrdili su i Malidža i sur. (2014), gdje su istraživali rezistentnost divljeg sirka na ALS herbicide. Na svih 25 testiranih populacija divljeg sirka je dokazana rezistentnost, a istraživane populacije su razvile visoku rezistentnost s indeksom rezistentnosti od 220 do 2198, ovisno o primijenjenom herbicidu (Malidža i sur., 2014). S obzirom na procjenu autora da ALS rezistentne populacije divljeg sirka zauzimaju i više od 50 000 ha poljoprivrednih površina u Srbiji, nužna je i hitna integracija antirezistentnih mjera u biljnu proizvodnju.

Dobiveni rezultati su očekivani, jer su sulfonilurea herbicidi visoko učinkoviti na ambroziju što je i glavni razlog njihove učestale primjene, međutim uz kemijsku zaštitu koja je i dalje najučinkovitija, ponekad i jedina mogućnost u suzbijanju korova, nužno je provoditi antirezistentne mjere zaštite (rotacija usjeva, rotacija herbicida, agrotehničke mjere, fizikalne, mehanike i biološke mjere borbe protiv korova te preventivne mjere) kako bi smanjili mogućnost pojave rezistentnosti.

5. Zaključak

Temeljem provedenog biotesta s ALS herbicidom tifensulfuronom na osjetljivoj i potencijalno rezistentnoj populaciji ambrozije može se zaključiti:

- populacija korovne vrste ambrozije uzete s lokaliteta Račinovci s provedenim biotestom neupitno je iskazala rezistentnost na herbicid tifensulfuron,
- najjača oštećenja nadzemne mase osjetljive populacije ambrozije utvrđena su prilikom posljednje ocjene (28 DNT) gdje su najjača oštećenja bila oko 80%, a ni kod najmanje dozacije nisu bila niža od 60%. prilikom posljednje ocjene oštećenja (28 DNT) kod rezistentnih populacija ambrozije oštećenja su bila najslabija, te je kod 32x veće doze od registrirane oštećenja bila svega 8%
- kod 64 puta manje doze od registrirane, prosječna vrijednost suhe mase osjetljive populacije ambrozije reducirala se oko 50% u odnosu na kontrolu, a svako iduće povećanje dozacije redukcija suhe mase je bila iznad 70%. Kod 64 puta veće doze od registrirane, prosječna vrijednost suhe mase rezistentne populacije ambrozije reducirala se 74% u odnosu na kontrolu
- logističkom krivuljom procijenjena je dozacija herbicida potrebna za redukciju 50% nadzemne mase S i R populacije ambrozije (GR_{50}) 0,25 grama za S i 171,94 g za R (registrirana dozacija = 7,5 g a.t./ha)
- omjerom GR_{50} za S i R populaciju utvrđen je indeks rezistentnosti koji iznosi 687,76

6. Popis literature

1. 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 studiji Zaštita prirode i okoliša. Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku
2. Barić K., Bažok R., Pintar A. (2019). Potrošnja pesticida u hrvatskoj poljoprivredi u razdoblju od 2012. do 2017. godine, Glasilo biljne zaštite. 19: 537- 548.
3. Barić, K., Ostojić, Z. (2017). Opis problema rezistentnosti korova na herbicide. Glasilo biljne zaštite, XVII (5) 485 – 493
4. Barić K., Ostojić Z. (2018). Pregled sredstava za zaštitu bilja u Hrvatskoj za 2018. godinu. Glasilo biljne zaštite, br. 1-2, str. 233-248
5. Barić K., Ostojić Z. (2019). Pregled sredstava za zaštitu bilja u Hrvatskoj za 2019. godinu. Glasilo biljne zaštite. 1-2: 230-277
6. Barnes E. R., Jhala A. J., Knezevic S. Z., Sikkema, P. H. Lindquist, J. L. (2018). Common Ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.). Interference with Soybean in Nebraska. Agronomy Journal. 2: 110
7. Baskin M. J., Baskin C. C. (1980). Ecophysiology of Secondary Dormancy in Seeds of *Ambrosia artemisiifolia*, Ecology. 3: 475 – 480
8. Bassett I.J., Crompton C.W. (1975). The biology of Canadian weeds. 11. *Ambrosia artemisiifolia* L. and *A. psilostachya* DC. Canadian Journal of Plant Science. 55: 463-476
9. Bohren C., Mermillod, N. & Delabays, N. (2006). Common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) in Switzerland: development of a nationwide concerted action. Journal of Plant Diseases and Protection. 113: 497–503.
10. Brandes D., Nitzsche J. (2006). Biology, introduction, dispersal, and distribution of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) with special regard to Germany, Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes. – Stuttgart : Ulmer. 58: 286-291
11. Comtois P. (1998). Ragweed (*Ambrosia* sp.). The Phoenix of allergophytes. In 6 th International Congress on Aerobiology, Satellite Symposium Proceedings: Ragweed in Europe. ALK Abello. 18-23.
12. Daniels G. M. (2004). Alergije. Publikum, Zagreb
13. Deen W., Swanton C.J. (2001). A mechanistic growth and development model of common ragweed. Weed Science. 49: 723-731
14. 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., Mang1 T., Moser1 D., Muller-Scharer H., Petitpierre B., Richter R., Schaffner U., Smith M., Starfinger U., Vautard R., Vog G., Moritz von der Lippe and Follak S. (2015.). Biological Flora of the British Isles: *Ambrosia artemisiifolia*. Journal of Ecology. 103: 1069–1098
15. 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.

16. Ferguson, G. M., A. S. Hamill, and F. J. Tardif. (2001). ALS inhibitor resistance in populations of Powell amaranth and redroot pigweed. *Weed Sci.* 49: 448–453
17. Food and Agriculture Organization of the United Nations (2011). Thifensulfuron-methyl methyl 3-[[[(4-methoxy-6-methyl-1,3,5-triazin-2-yl)carbamoyl]sulfamoyl]-2-thiophenecarboxylate. FAO specifications and evaluations for agricultural pesticides. 2-26
18. Fumanal B., Chauvel B., Sabatier A., Bretagnolle F. (2007). Variability and cryptic heteromorphism of *Ambrosia artemisiifolia* seeds: What consequences for its invasion in France? *Annals of Botany*. 100: 305-313
19. Galzina N., Ostojić Z., Barić K., Šćepanović M., Goršić M., Rok S. (2009). Zastupljenost alergene korovne vrste *Ambrosia artemisiifolia* L. na području grada Zagreba, Zadar – DDP I ZPP. 189-198
20. Heap I. (2021). International Herbicide-Resistant weed database <http://weedsience.org/> - pristup 15. svibnja 2021.
21. Hegi G. (1979). *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*. Bd. VI., Teil 3. str 1964-1979
22. Horvat G., Franjić J. (2016). Invazivne biljke Kalničkih šuma. *Šumarski list*. 1–2: 53–64
23. Kazinczi G., Béres I., Novak R., Bíró K., Pathy Z. (2008). Common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*): a review with special regards to the results in Hungary. I. Taxonomy, Origin and distribution, Morphology, Life cycle and reproduction strategy. *Herbologia*. 9(1): 55-91
24. Kovačević J., Groman E. (1964). Korov limundžik (*Ambrosia artemisiifolia* L.) u Jugoslaviji, *Zaštita bilja*. 77, 81 – 85
25. Laaidi M., Laaidi K., Besancenot J., Thibaudon M. (2003). Ragweed in France: an invasive plant and its allergenic pollen, *Annals of Allergy, Asthma, and Immunology*. 91: 195-201.
26. Leskovšek R., Datta A., Knezevic S.Z., Simončič A. (2012). Common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) dry matter allocation and partitioning under different nitrogen and density levels. *Weed Biol. Managment*. 12, 98-108
27. Levente K., Laszlo V., Gyula B. (2003). A parlagfu (*Ambrosia artemisiifolia* L.) elleni boilogiai vedekezes lehtosegi. *Novenyvedelem*. 39: 319–331
28. Lommen S. T. E., Hallmann C. A., Jongejans E., Chauvel B., Leitsch-Vitalos M., Aleksanyan A., Toth P., Preda C., Šćepanović M., Onen H., Tokarska-Guzik B., Anastasiu P., Dorner Z., Fenesi A., Karrer G., Nagy K., Pinke G., Tiborez V., Zagyvai G., Zalai M., Kazinezi G., Leskovšek R., Stešević D., Fried G., Kalatozishvili L., Lemke A., Muller-Scharer H. (2018). Explaining variability in the production of seed and allergenic pollen by invasive *Ambrosia artemisiifolia* across Europe. *Biological Invasions* doi: 10.1007/s10530-017-1640-9
29. Maertens K. D., Sprague C. L., Tranel P. J., Hines R. A. (2004). “*Amaranthus hybridus* populations resistant to triazine and acetolactate synthase-inhibiting herbicides,” *Weed Research*. 44 (1): 21–26
30. Malidža G. i Rajković M. (2018). Rezistentnost korova na herbicide u Srbiji sa predlogom mera za ublažavanje rezistentnosti. *Zbornik radova sa savetovanja*, Novi Sad str. 21-35

31. Malidža G., Rajković M., Vrbničanin S., Božić D. (2014). Identification and distribution of ALS resistant *Sorghum halepense* populations in Serbia. Book of abstract of the 17th European Weed Research Society Symposium. 115
32. Novak N., Kravarščan M. (2011). Invazivne strane korovne vrste u Republici Hrvatskoj. *Glasilo biljne zaštite*, Opatija, Hrvatska. 35-35
33. Ostojić Z. (2001). *Ambrosia* – veći medicinski nego poljoprivredni problem. *Gospodarski list*. 8: 21
34. 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
35. Ostojić Z., Zadro J., Radiković Đ. (1992). Naši napasni korovi. Limundik – *Ambrosia artemisiifolia* L. *Glasnik zaštite bilja* 9-10: 259-265
36. Poirier A. H., York A. C., Jordan D. L. Chandi A., Everman W. J., Whitaker J. R. (2014). Distribution of Glyphosate- and Thifensulfuron-Resistant Palmer Amaranth (*Amaranthus palmeri*) in North Carolina, *International Journal of Agronomy*. 1-7
37. Radojčić N. (2014). Rasprostranjenost, polinacija i suzbijanje ambrozije (*Ambrosia artemisiifolia* L.) – na području Grada Vukovara <http://zpio.unios.hr/wp-content/uploads/radovi/spec.rad/natasa.radojcic.pdf> - pristup 04. svibnja 2021.
38. Rašić S. (2011). Ambrozija (*Ambrosia artemisiifolia* L.) – agronomski i javno-zdravstveni problem na području Baranje. *Poljoprivreda*. 1: 18
39. Sudimac M. (2018). Knjiga zbornik radova: Savetodavna služba – deo integrisanog sistema upravljanja rezistentnošću korova na herbicide, str. 54 – 62
40. Šarić T., Ostojić Z., Stefanović L., Deneva Milanova S., Kazinczi G., Tyšer L. (2011.). The changes of the composition of weed flora in southeastern and central europe as affected by cropping practices. *Herbologia*. 12: 8-12.
41. Šćepanović M., Šoštarčić V., Pintar A., Lakić J., Barić K. (2020). Pojava rezistentnih populacija korova na herbicide inhibitore acetolaktat-sintaze u Republici Hrvatskoj. *Glasilo biljne zaštite*. 6: 628-629
42. Wang H., Guo W., Zhang L., Zhao K., Ge L., Lv X., Liu W., Wang J. (2017). Multiple resistance to thifensulfuron-methyl and fomesafen in redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) from China. *Chilean Journal of agricultural research*. 4: 77
43. Whitaker J.R. (2009). Distribution, biology, and management of glyphosate-resistant *Palmer amaranth* in North Carolina [Ph.D. thesis], North Carolina State University, Raleigh, NC, USA, *International Journal of Agronomy*. 4, 1-7
44. Wodehouse R. P. (1971). *Hayfever Plants*. 2nd Edition, New York, Hafner. str 228

7. Životopis

Tatjana Grgić rođena je 7. studenog 1997. godine u Slavanskom Brodu. Osnovnoškolsko obrazovanje završila je u Velikoj Kopanici, a srednjoškolsko obrazovanje u Poljoprivrednoj školi Matija Antun Reljković u Slavanskom Brodu 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 „Potvrda rezistentnosti korovne vrste *Sorghum halepense* L. na djelatnu tvar nikosulfuron biotest metodom”. 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”. Dobitnica je dekanove nagrade na temu „Potvrda rezistentnosti divljeg sirka (*Sorghum halepense* L.) na neke ALS herbicide biotest metodom“ pod vodstvom mentorice izv. prof. dr. sc. Maje Šćepanović.