

Selektivni učinak kombinacije vanilične kiseline i reducirane doze mezotriona prema kukuruzu

Gregurić, Petra

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:376366>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-13**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

**SELEKTIVNI UČINAK KOMBINACIJE
VANILIČNE KISELINE I REDUCIRANE DOZE
MEZOTRIONA PREMA KUKURUZU**

ZAVRŠNI RAD

Petra Gregurić

Zagreb, rujan, 2023.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

Preddiplomski studij:
Fitomedicina

**SELEKTIVNI UČINAK KOMBINACIJE
VANILIČNE KISELINE I REDUCIRANE DOZE
MEZOTRIONA PREMA KUKURUZU**

ZAVRŠNI RAD

Petra Gregurić

Mentor: izv. prof. dr. sc. Maja Šćepanović

Zagreb, rujan, 2023.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

**IZJAVA STUDENTA
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI**

Ja, **Petra Gregurić**, JMBAG 0178124981 izjavljujem da sam samostalno izradila/izradio završni rad pod naslovom:

**SELEKTIVNI UČINAK KOMBINACIJE VANILIČNE KISELINE I REDUCIRANE
DOZE MEZOTRIONA PREMA KUKURUZU**

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica/jedini autor ovoga završnog 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 završni 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 završnog 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**

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI ZAVRŠNOG RADA

Završni rad studenta/ice Petra Gregurić, JMBAG 0178124981, naslova

**SELEKTIVNI UČINAK KOMBINACIJE VANILIČNE KISELINE I REDUCIRANE
DOZE MEZOTRIONA PREMA KUKURUZU**

mentor je ocijenio ocjenom _____.

Završni rad obranjen je dana _____ pred povjerenstvom koje je prezentaciju ocijenilo ocjenom _____, te je student/ica postigao/la ukupnu ocjenu¹ _____.

Povjerenstvo:

potpisi:

1. izv. prof. dr. sc. Maja Šćepanović mentor

2. _____ član

3. _____ član

¹ Ocjenu završnog rada čine ocjena rada koju daje mentor (2/3 ocjene) i prosječna ocjena prezentacije koju daju članovi povjerenstva (1/3 ocjene).

Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Pregled literature.....	3
2.1. Kukuruz i pripadajuća korovna flora.....	3
2.2. Alelopatija pokrovnih usjeva.....	6
3. Materijali i metode	8
3.1. Laboratorijski pokus.....	8
4. Rezultati	11
4.1. Klijavost ambrozije nakon <i>in vitro</i> primjene herbicida i reduciranih doza herbicida u kombinaciji s vaniličnom kiselinom.....	11
4.2. Redukcija duljine radikule nakon <i>in vitro</i> primjene herbicida i reduciranih doza herbicida u kombinaciji s vaniličnom kiselinom.....	11
4.3. Redukcija duljine koleoptile nakon <i>in vitro</i> primjene herbicida i reduciranih doza herbicida u kombinaciji s vaniličnom kiselinom	12
4.4. Svježa masa klijanaca nakon <i>in vitro</i> primjene herbicida i reduciranih doza herbicida u kombinaciji s vaniličnom kiselinom.....	13
4.5. Suha masa klijanaca nakon <i>in vitro</i> primjene herbicida i reduciranih doza herbicida u kombinaciji s vaniličnom kiselinom.....	14
5. Rasprava	15
6. Zaključak.....	17
7. Popis literature.....	18
Životopis	22

Sažetak

Završnog rada studenta/ice **Petra Gregurić**, naslova

SELEKTIVNI UČINAK KOMBINACIJE VANILIČNE KISELINE I REDUCIRANE DOZE MEZOTRIONA PREMA KUKURUZU

Kukuruz je najčešće uzgajana ratarska kultura u Republici Hrvatskoj u kojoj su korovi glavni uzrok gubitka prinosa. Danas se korovne vrste u kukuruзу primarno suzbijaju primjenom herbicida. No, obzirom na strategiju Europske komisije „Europski zeleni plan“, čiji je cilj 50%-tno smanjenje primjene svih pesticida do 2030. godine, potrebno je istražiti druge opcije suzbijanja poljoprivrednih štetnika. U dosadašnjim istraživanjima fenolne kiseline su se pokazale kao potencijalna alternativa čistim herbicidima, a posebice vanilična, *p-kumarična* i ferulična kiselina, za koje je utvrđen inhibitoran učinak na rast i rani razvoj ambrozije, najčešće širokolisne korovne vrste u kukuruзу. Obzirom da primjenom fenolnih kiselina samostalno nije moguće postići zadovoljavajući inhibitorni učinak na korovnu vrstu potrebno je istražiti njihovu primjenu istovremeno s reduciranim dozama herbicida. Stoga, cilj ovog istraživanja je utvrditi selektivan učinak vanilinče kiseline u kombinaciji s različitim reduciranim dozama herbicida mezotriona. U laboratoriju, u *in vitro* uvjetima, sjeme kukuruза je tretirano čistom reduciranom dozom herbicida mezotriona te kombinacijama linearno padajućih doza herbicida s vaniličnom kiselinom te je potom utvrđena klijavost te duljina radikule i koletoptile te suha masa klijanaca kukuruза. Rezultati istraživanja ukazuju da je u *in vitro* uvjetima kukuruz selektivan prema svim primijenjenim dozama herbicida u kombinaciji s vaniličnom kiselinom. Kod svih mjerenih parametara kukuruза nije utvrđena veća inhibicija kod primjene kombinacije herbicida i vanilinče kiseline u odnosu na samostalnu primjenu herbicida.

Ključne riječi: fenolne kiseline , reducirane doze herbicida, alelopatija, *Zea mays*

Summary

Of the final work – student Petra Gregurić, entitled

SELECTIVE EFFECT OF THE COMBINATION OF VANILLIC ACID AND REDUCED DOSE OF MESOTRIONE ON CORN

Maize is the most commonly grown field crop in the Republic of Croatia, where weeds are the main cause of yield loss. Today, weed species in maize are controlled mainly by the use of herbicides. However, considering the European Commission's "European Green Deal strategy," which aims to reduce the use of all pesticides by 50% by 2030, it is necessary to explore other ways to control agricultural pests. In previous research, phenolic acids have shown their potential as an alternative to pure herbicides, particularly vanillic, *p*-coumaric and ferulic acids, which inhibit the growth and early development of *Ambrosia artemisiifolia*, the most common broadleaf weed in maize. Since it is not possible to obtain a satisfactory inhibitory effect on weed species with phenolic acids alone, it is necessary to study their application simultaneously with reduced doses of herbicides. Therefore, the objective of this study is to determine the selective effect of vanillic acid in combination with various reduced doses of the herbicide mesotrione. In the laboratory, maize seeds were treated under *in vitro* conditions with a reduced dose of mesotrione and combinations of linearly decreasing doses of herbicide containing the phenolic compound vanillic acid. Subsequently, germination, radicle and coleoptile length, and dry weight of maize seedlings were determined. The research results show that maize is selective to all applied herbicide doses in combination with vanillic acid under *in vitro* conditions. For all measured parameters, no greater inhibition was observed when the combination of herbicide and vanillic acid was applied compared to when the herbicide was applied independently.

Key words: phenolic acids, reduced herbicide doses, allelopathy, *Zea mays*

1. Uvod

Kukuruz (*Zea mays* L.) je treća najučestalija kultura u svijetu koja se koristi u prehrani ljudi, domaćih životinja, za proizvodnju kozmetike, plastike te biogoriva. U usjevu kukuruza korovi su vodeći ograničavajući čimbenik razvoja ove kulture te uzroci gubitka prinosa. Zakorovljenost usjeva kukuruza dovodi do morfoloških i anatomskih promjena uključujući redukciju visine biljke, dužine internodija te smanjenja broja zrna po klipu (Glauning 1982). Od ukupnih šteta koje pričinjavaju sve biljne štetočinke čak 34% otpada na korovne vrste. Primjenom agrotehničkih i kemijskih mjera, korove je moguće suzbiti, a danas je još uvijek najčešće način suzbijanja korova primjenom herbicida. Potrošnja herbicida u usjevu kukuruza najveća je u odnosu na ostala sredstva za zaštitu bilja. (Barić i sur., 2014.). Ipak, Europska unija teži smanjenju primijene svih pesticida, uključujući i herbicide, za 50% do početka 2030. godine. Zbog toga je važno pronaći alternativna rješenja te unaprijediti dosadašnja znanja u zaštiti bilja.

Uvođenje pokrovnih usjeva u plodored značajno utječe na poboljšanje kvalitete tla, kapaciteta tla za vodu, povećanje prinosa, suzbijanje korova te potencijalno smanjuje unos kemikalija (Cerrera i sur., 2004.). Iako se ovi usjevi ne uzgajaju za komercijalnu upotrebu, imaju značajnu ulogu u plodoredu, a prije svega u poboljšanju učinkovitosti hranjivih tvari u tlu, aktivnost mikroorganizama i razine dušika (Snapp, 2005).

Jedna od prednosti koja dolazi primjenom pokrovnih usjeva je njihova alelopatska sposobnost. Alelopatija je kemijski posredovana interferencija između susjednih biljaka i uključuje stimulaciju ili inhibiciju rasta ciljane biljke (Rice, 1979; Belz, 2007; Belz i sur., 2007). Alelokemikalije se najčešće izlučuju kroz korijen biljke, iz lista u obliku isparavanja te razgradnjom nakon ugibanja biljke (Singh i sur., 2003.). Istraživanja su pokazala kako uzgoj pokrovnih usjeva u usjevu kukuruza može povoljno utjecati na svojstva tla, dostupnost vode i smanjenje uporabe herbicida (Clark i sur., 1995.). Zbog svojih inhibirajućih svojstava upotreba alelokemikalija je posebno zanimljiva opcija u suzbijanju korova.

Uz porodice trava (Poaceae) i glavočika (Asteraceae), neke vrste iz porodice kupusnjača (Brassicaceae) su pokazale visoku sposobnost potiskivanja korovnih vrsta zbog svog alelopatskog potencijala (Šćepanović i sur., 2021). Korištenjem vodenih ekstrakata vrsta iz porodice Brassicaceae utvrđen je značajan inhibitorski učinak na klijavost i rani rast ambrozije (*Ambrosia artemisiifolia* L.), koštana (*Echinochloa crus-galli* L. P. Beauv) i muhara (*Setaria glauca* L. P. Beauv.) (Šćepanović i sur., 2021, Šćepanović i sur., 2020). Parametri koji su promatrani u ovim *in vitro* istraživanjima su redukcija duljine radikule i hipokotila te klijavost i redukcija svježeg odnosno suhe mase. Tekućinskom kromatografijom iz vodenih uzoraka izolirano je oko 15 fenolnih spojeva od kojih 10 ih čine fenolne kiseline (galna, vanilična, *p*-kumarična, ferulična, protokatehinska, *p*-hidroksibenzojeva, siringinska, klorogenska, kafeinska i sinapinska kiselina). Najznačajniji inhibitorski učinak na klijavost i rani rast ambrozije ostvarile su *p*-kumarična, vanilična, *p*-hidroksibenzojeva i ferulična kiselina (Šćepanović i sur., 2021). Uzevši u obzir da korištene doze su imale 16 puta veći sadržaj fenolnih kiselina negoli

ih biljka prirodno ima u sebi, može se zaključiti kako primjenom čistih fenola nije moguće postići željeni inhibitorni učinak u suzbijanju korova.

Pregledom literature utvrđena je mogućnost miješanja alelokemilija s herbicidima, a s ciljem smanjenja dozacije herbicida. Recentna istraživanja ukazuju na mogućnost umanjenja doze herbicida mezotriona kod istovremene primjene s vodenim ekstraktima iz korovnih vrsta *A. artemisiifolia* L. i *Xanthium strumarium* L. u kojima je u najvećoj koncentraciji detektirana fenolna kiselina (*p*-kumarična kiselina). Kombiniranjem polovične doze herbicida mezotriona s vodenim ekstraktima navedenih korovnih vrsta ostvareni su značajni inhibicijski učinci na mjerenim morfološkim i fiziološkim parametrima istraživanih korova (*Abutilon theophrasti* Med. i *Chenopodium album* L.). S obzirom na rezultate navedenih istraživanja koji pokazuju inhibitorni učinak na korovne vrste, potrebno je istražiti i utjecaj kombinacije reduciranih doza herbicida i alelopatskih spojeva na uzgajanje kulture.

Uzevši u obzir sve navedeno, cilj je ovim radom istražiti učinak vanilične kiseline u kombinaciji s nekoliko reduciranih doza herbicida mezotriona na klijavost te rani rast i razvoj kukuruza. U *in vitro* istraživanju korišten je pripravak Callisto 480 C (mezotrion) koji je zemljišno-folijarni herbicid koji se koristi u uzgoju kukuruza za zrno i silažu, a primjenjuje se u svrhu suzbijanja jednogodišnjih (uskolisnih i širokolisnih) korova. Potrebno je istražiti i potencijalne antagonističke odnosno sinergističke učinke navedene kombinacije herbicida i vanilične kiseline prema usjevu kukuruza.

2. Pregled literature

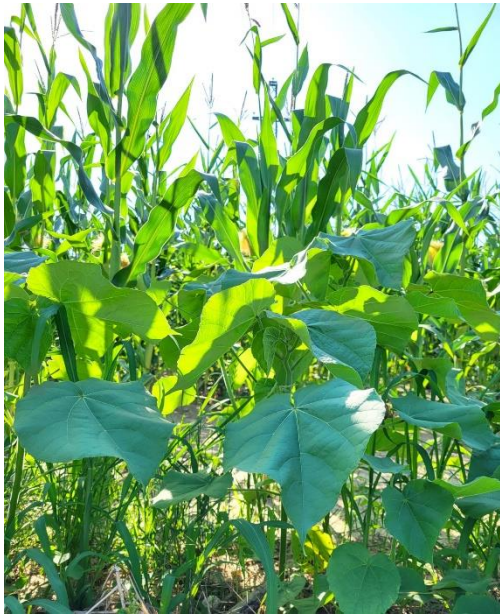
2.1. Kukuruz i pripadajuća korovna flora

Kukuruz je biljna vrsta koja pripada porodici Poaceae, a nakon riže i pšenice zauzima treće mjesto u svjetskoj prehrambenoj proizvodnji žitarica. Najveće površine pod kukuruzom su u Kini, SAD-u, Meksiku, ukupno prinoseći 130 milijuna ha godišnje, a u Hrvatskoj kukuruz zauzima 40-45% zasijanih usjeva. Osim za prehranu ljudi i domaćih životinja, koristi se i za proizvodnju bioplina, plastike te u farmaceutskoj i tekstilnoj industriji. Ipak od svih upotrebnih aspekata najveći udio zauzima kao sirovina za hranidbu stoke te se koristi zrno, klip i kao silaža cijele biljke (Hrgović, 2007).

Korovi u usjevu kukuruza su glavni ograničavajući čimbenik njegovog razvoja. Štete koje korovi uzrokuju usjevu kukuruza mogu biti direktne i indirektne. Indirektne se odnose na uzrokovanje raznih virusa i bakterioza, otežanu žetvu kukuruza te povećanje primjesa koje povećavaju troškove obrade. Direktne podrazumijevaju kompeticiju za svjetlo, vodu, hranjiva i prostor uzrokujući značajan pad prinosa ako ih se ne suzbija (Zimdah, 1980). Uz smanjenje indeksa lisne površine i rasta kukuruza, najveći utjecaj korovi imaju na smanjenje prinosa zrna u klipu (Andrade i sur., 1999; Cox i sur., 2006). Procjenjuje se da gubitak prinosa u kukuruzu uzrokovan zakorovljenošću iznosi u najvećoj mjeri 40% (Öerke, 2006). Hibridi kukuruza niskog habitusa jače su zakorovljeni od hibrida boljeg vigora koji lakše i brže zatvore sklop što dovodi do kompeticijske prednosti (Barić i sur., 2014.). Početak kritičnog razvoja zakorovljenosti kukuruza, ovisno o uvjetima uzgoja, varira od faze razvoja 3-14 listova (Hall i sur.; 1992). Poznavanje kritičnog razdoblja zakorovljenosti u kukuruzu važno je zbog pravovremenog suzbijanja i posljedično manjeg oslanjanja na herbicide što dovodi do potencijalnog smanjenja zagađenja tla i okoliša općenito (Weaver i Tan, 1983).

Korovnom florom kukuruza dominiraju jednogodišnje korovne vrste. Najzastupljenije jednogodišnje širokolisne vrste korova u kukuruzu su: europski mračnjak (*Abutilon theophrasti*), bijela loboda (*Chenopodium album*), ambrozija (*Ambrosia artemisiifolia*), oštrodlakavi šćir (*Amaranthus retroflexus* L.), perzijski dvornik (*Polygonum persicaria* L.) te bijeli kužnjak (*Datura stramonium* L.) (Šćepanović, 2007). Sve navedene vrste obilježava brz rast i razvoj, velika kompeticijska sposobnost i velika sjemenska produkcija. Ambrozija, kao najzastupljenija od navedenih, s gustoćom od 26 biljaka/m² usjeva kukuruza uzrokuje pad prinosa više od 70% (Varga i sur., 2000; Varga i sur., 2002). Sjemenska proizvodnja ove biljke iznosi čak 250000 sjemenki po biljci pa time daleko prednjači ostalim vrstama poput bijele lobode (10000 sjemenki) i pjegavog dvornika (1000 sjemenki) (Šćepanović, 2007). Važno je spomenuti invazivnu vrstu *Abutilon theophrasti* koji svojom bogatom nadzemnom masom i dormantnim sjemenom uzrokuje značajne probleme u usjevima (Šćepanović i sur., 2007). Jednogodišnje uskolisne vrste koje prevladavaju u kukuruzu su obični koštan (*Echinochloa crus-galli*), sivi muhar (*Setaria glauca*), vrste roda *Panicum* te obična svračica (*Digitaria sanguinalis* L.) (Šćepanović, 2007). Ostojić (2011) navodi koštan kao općenito najzastupljeniju vrstu koja zakorovljuje kukuruz. Samo 18 biljaka koštana po metru četvornom uzrokuje pad prinosa kukuruza od 50% (Kropff i sur.; 1984.). Slični podaci u literaturi se navode i za vrstu sivi

muhar koja u usjevu kukuruza može izazvati gubitak prinosa od 45% (Clay i sur., 2006). Nekoliko višegodišnjih vrsta, iako manje nego jednogodišnjih, je također prisutno u kukuruzu. Zbog razvoja podzemnih vegetativnih organa ovi korovi također mogu uzrokovati značajne probleme. Neke od njih su pirika (*Agropyron repens* L.), ljekoviti gavez (*Symphitum officinale* L.), poljski osjak (*Cirsium arvense* L.) te poljski slak (*Convolvulus arvensis* L.) (Šćepanović, 2007). Važna višegodišnja vrsta u usjevu kukuruza je divlji sirak (*Sorghum halepense* L.) čije suzbijanje je zahtjevno, a pogotovo danas kad su i u RH utvrđene rezistentne populacije na vodeće ALS herbicide (Šćepanović i sur., 2020).



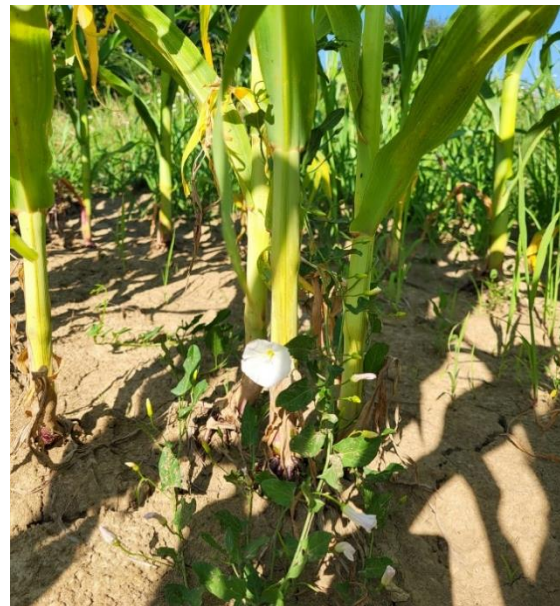
Slika 2.1.1. *Abutilon theophrasti* Med.



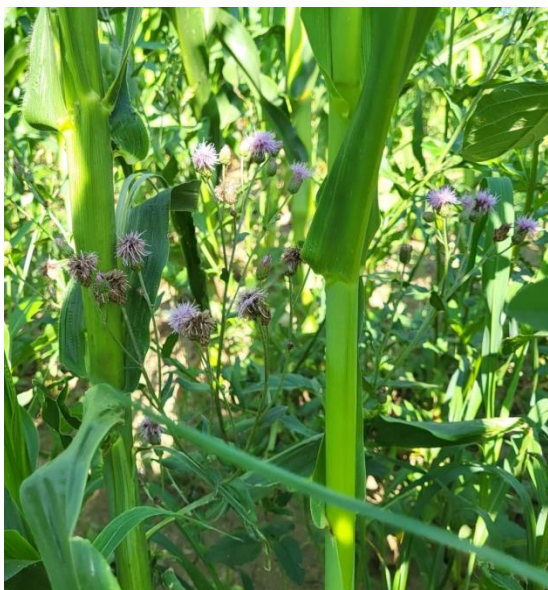
Slika 2.1.2. *Amaranthus retroflexus* L.



Slika 2.1.3. *Ambrosia artemisiifolia* L.



Slika 2.1.4. *Convolvulus arvensis* L.



Slika 2.1.5. *Cirsium arvense* L.



Slika 2.1.6. *Datura stramonium* L.



Slika 2.1.7. *Polygonum persicaria* L.



Slika 2.1.8. *Sorghum halepense* L.

Primjena herbicida je najvažnija mjera suzbijanja korova u usjevu kukuruza. Neke od djelatnih tvari herbicidnih pripravaka koji se koriste u kukuruzu su: s-metolaklor, tembotrion, propizaklor, napropamid, 2,4-D, dikamba, flurokloridon (Barić K. i Ostojić Z., 2020). Aktivna tvar herbicida Callisto 480 SC, kojom će se baviti ovaj rad, je mezotrion. Mezotrion je zemljišno-lisni herbicid namijenjenim za suzbijanje jednogodišnjih uskolisnih i širokolisnih korovnih vrsta, a prema mehanizmu djelovanja pripada skupini inhibitora sinteze karotenoida.

2.2. Alelopatija pokrovnih usjeva

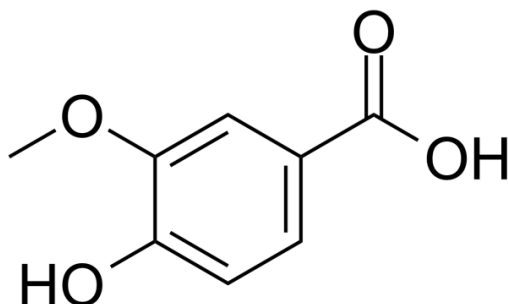
U zaštiti bilja nailazi se na problem rezistentnih korovnih vrsta kao posljedica učestale primjene herbicida istog mehanizma djelovanja (Šćepanović i sur., 2021). Dodatno, svijest o štetnom utjecaju pesticida je porasla stoga je smanjenje uporabe herbicida postalo neizbježno (Knežević i sur., 2002.). Iz tog je razloga potrebno pronaći alternative, ekološki prihvatljive načine suzbijanja rezistentnih populacija štetnih organizama. Već 1937. godine Molish je predstavio pojam alelopatije, koji je kasnije Rice definirao kao pozitivan ili negativan učinak jedne biljne vrste na drugu (Singh i sur., 2001; Kazinczi i sur., 2004). Sam pojam alelopatija je složenica dvaju grčkih riječi: *allelon*-ostali i *pathos*-trpjeti. Singh (2001) navodi kako alelokemikalije mogu utjecati na promjenu sastava korovne flore, na rast i prinos usjeva te ih je moguće koristiti kao mjeru suzbijanja korova.

Pokrovni su usjevi u doslovnom prijevodu biljne vrste koje prekrivaju tlo. Prvotni razlog uzgoja ovih vrsta je bio kontrola erozije tla, a danas su poznatiji s ulogom „zelene gnojidbe“ odnosno koriste se u rotaciji usjeva (Kaspar i Singer, 2011). Najčešće podrazumijevaju korištenje biljaka iz porodica Fabaceae, Brassicaceae i Asteraceae. Ovi usjevi donose ekološke i ekonomske prednosti i pogodnosti u poljoprivrednim usjevima. Oni uključuju recikliranje hranjivih tvari, smanjenje erozije tla, poboljšanje iskorištavanja vlage, poticanje bioraznolikosti, povećanje udjela organske tvari te potiskivanje korova s mogućim doprinosom integriranom suzbijanju korova (Hartwig i Ammon, 2002). Kao mjera borbe protiv korova pokrovni usjevi se koriste jer svojom bogatom nadzemnom masom zasjenjuju korove i oduzimaju im potrebne resurse za nicanje (Barić K. i Ostojić Z., 2020). Sijanjem pokrovnih usjeva u gustom sklopu korovima se onemogućuje dovršavanje životnog ciklusa što rezultira siromašnijom bankom sjemena korova u tlu, a posljedično i manjom zakorovljenošću u narednim usjevima (Teasdale, 1993). Osim kompeticijskih sposobnosti pokrovni usjevi vrlo često posjeduju alelokemikalije kojima potiskuju korove pa se ovi usjevi često nazivaju i alelopatički usjevi. Naime, lučenjem alelokemikalija pokrovni usjevi utječu na rast, razvoj i metabolizam korovnih vrsta u njihovoj neposrednoj blizini (Džidić-Uzelac, 2014). Alelokemikalije se oslobađaju ispiranjem s vegetativnih dijelova biljke, razgradnjom biljnih ostataka ili se izlučuju u tlo preko korijena (Narwal, 2004). Istraživanja su potvrdila da se sjetvom biljnih vrsta bogatih glukozinolatima, kao što je uljana repica (*Brassica napus* L.), inhibira rast korova (Haramoto i Gallandt, 2004). Primjenom tih vrsta biljaka primijećeno je značajno smanjenje biomase korova u usjevima krumpira i soje, za razliku od područja koja su bila ostavljena neobrađena ili su imala druge pokrovne biljke bez glukozinolata (Boydston i Hang., 1995; Krishnan i sur., 1998).

Učinkovit način testiranja inhibitornih svojstava alelokemikalija prema testnim (korovnim) vrstama je priprema vodenih ekstrakata iz suhih biljnih dijelova donor vrsta (pokrovni usjevi) (Dhima i sur., 2009). Dokazano najučinkovitiji alelopatički spojevi su fenoli (Kunz i sur; 2016) koji su sveprisutni u biljkama. Ipak, relativno je mali broj biljnih vrsta sustavno ispitan u vidu prisutnosti fenola (Robards, 2003). Neki od najčešće spominjanih fenola su vanilin, salicilna kiselina, pirokatehol, resorcinol, krezol, hidrokinon, eugenol.

Tekućinskom kromatografijom iz vodenih ekstrakata pokrovnog usjeva vrste *Camelina sativa* L., pripadnici porodice Brassicaceae, utvrđena je prisutnost 15 fenolnih spojeva od kojih su najzastupljenije ($\mu\text{g/g}$) bile vanilin (48,8), klorogenska kiselina (1057), vanilična kiselina (79), kafeinska kiselina (102,5) i sirinđična kiselina (27,3) (Šćepanović i sur., 2021).

Vanilična kiselina je fenolna kiselina odnosno oksidirana molekula vanilina prirodno prisutna u tkivima raznih biljnih vrsta.



Slika 2.2.1. Kemijska struktura vanilične kiseline

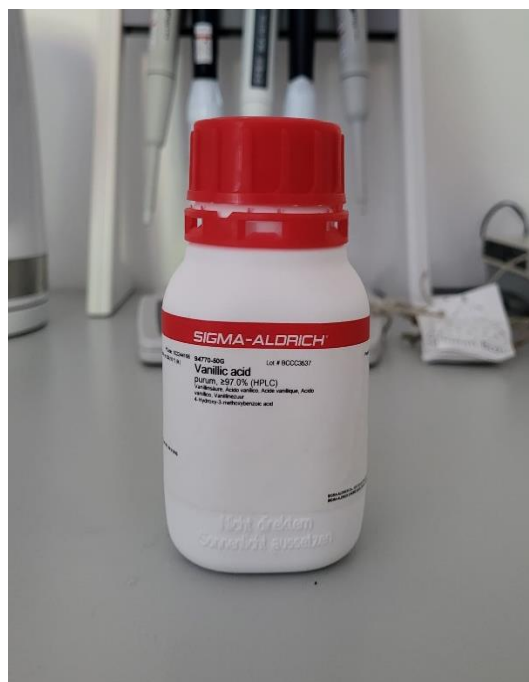
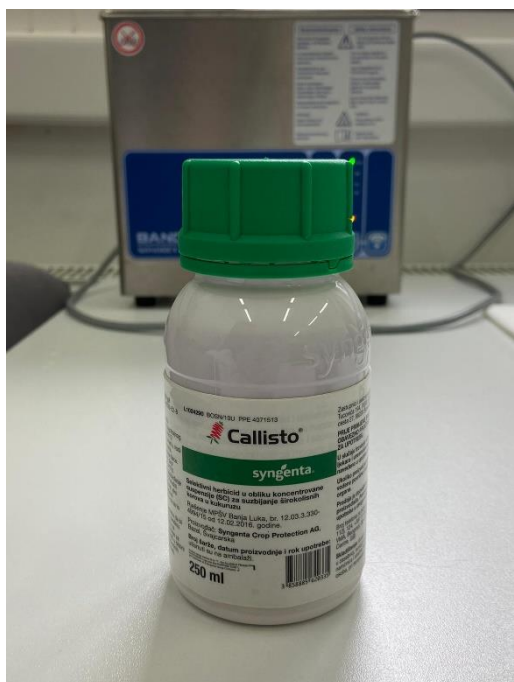
Izvor: Sigma Aldri

Vanilična kiselina se koristi u razne svrhe, a ponajviše u prehrambenoj industriji (Neha, 2020). Dokazana su antioksidativna svojstva ove kiseline u niskim koncentracijama, a istraživanjem i njen pozitivan učinak na stimulaciju rasta i klijanja biljaka rajčice (Ghareib i sur., 2010). Drugo je istraživanje pokazalo kako je vanilična kiselina povećala toleranciju riže na otrovan teški metal kadmij (Bhuyan i sur., 2020). Ono što je značajno za integriranu poljoprivrednu proizvodnju je utjecaj ove kiseline na korove. Ovaj fenolni spoj reducirao je koncentraciju klorofila i suhu masu širokolisnih i uskolisnih korova poput *E. cruss.gali* i *Galinsoga parviflora* Cav. (Stupnicka-Rodzynkiewicz, 2006). Korištenje otopina fenolnih kiselina, uključujući i vaniličnu, pokazalo je inhibitoran učinak na rast i klijanje ambrozije (*Ambrosia artemisiifolia*) (Šćepanović i sur; 2021). Međutim, većina recentnih istraživanja navodi da prirodni spojevi poput fenolnih kiselina rijetko mogu postići zadovoljavajući učinak na korovne vrste, a posebice ukoliko se koriste u dozacijama u kojima su prirodno prisutne u biljnim tkivima (Brijačak i sur., 2020, Šćepanović i sur., 2021, Šćepanović i sur., 2022). Stoga je realnija mogućnost u integriranom suzbijanju korova kombinacija fenolnih kiselina s reduciranim dozacijama herbicida (Šćepanović i sur., 2022). Upravo je ova kombinacija istovremene primjene fenolnih kiselina i herbicida testirana u ovom istraživanju s ciljem da se utvrdi selektivan učinak navedene kombinacije prema usjevu kukuruza.

3. Materijali i metode

U istraživanju je korišten herbicid Callisto 480 C (slika A) u kombinaciji s fenolnom kiselinom – vaniličnom kiselinom (slika B). Vanilična kiselina izabrana je temeljem rezultata preliminarnog istraživanja u kojem je potvrđen inhibitorni učinak vanilične kiseline na klijavost i rani rast korovne vrste *Ambrosia artemisiifolia* (Šćepanović i sur., 2022). Callisto® 480 SC (Syngenta Agro d.o.o.) je zemljišno-lisni herbicid namijenjen suzbijanju jednogodišnjih širokolisnih i uskolisnih korova u kukuruзу za zrno i silažu. Aktivna tvar koju sadrži je mezotrion (480 g/L) iz skupine inhibitora sinteze karotenoida. Formulacija korištenog herbicida je koncentrirana suspenzija (SC), a propisana dozacija je 0,3 L/ha.

Vanilična kiselina je fenol izoliran iz biljaka oraha (*Juglans regia* L.), *Melilotus messanensis* L. koja pripada porodici Fabaceae, a dokazano je da ima antioksidativan učinak (Ghareib i sur., 2010). Istraživanje je provedeno u *in vitro* uvjetima. Korišteno je osam linearno padajućih doza mezotriona u kombinaciji s vaniličnom kiselinom u dozi od 100×10^{-7} mola. Cilj istraživanja je bio utvrditi selektivnost kukuruza na kombinaciju iste doze s različitim reduciranim dozama herbicida mezotriona te antagonističko odnosno sinergističko djelovanje istih prema klijavosti i ranom razvoju kukuruza.



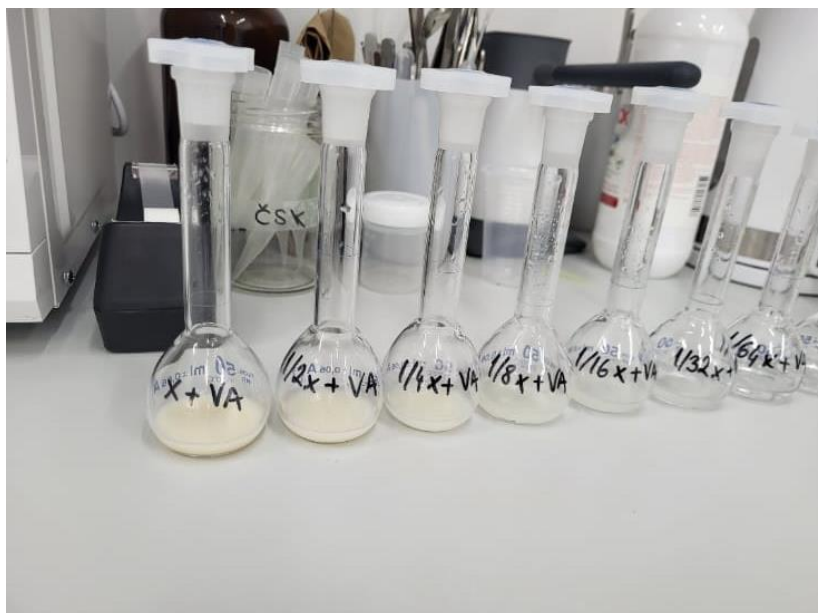
Slika 3.1. Herbicid Callisto® 480 SC (A) i vanilična kiselina (B)

3.1. Laboratorijski pokus

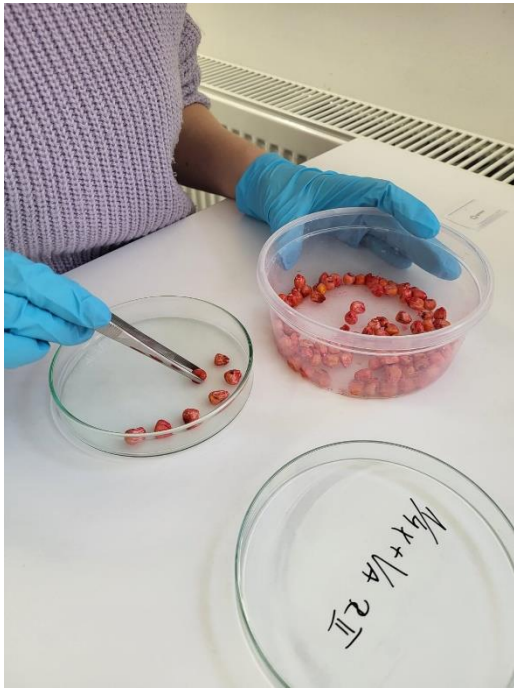
Vodena otopina vanilične kiseline (čistoća >97%, Sigma Aldrich) pripremljena je otapanjem 0,13448g u 360 mL destilirane vode u ultrasoničnoj kupelji (Badelin, SONOREX DT 100, Njemačka). Navedena doza (100×10^{-7} mol) je izabrana temeljem preliminarnog

istraživanja. Pripremljena je preporučena doza mezotriona (x^*) tako što je 0,15 mL herbicida otopljeno u 100 mL destilirane vode, a ostale dozacije su dobivene postupnim razrjeđivanjem ishodišne otopine (prve doze, Tablica 3.1.). Ukupno je korišteno osam doza mezotriona i to preporučena (x) doza, $1/2x$, $1/4x$, $1/8x$, $1/16x$, $1/32x$, $1/64x$ te $1/128x$. Svakoj dozaciji herbicida dodana je vanilična kiselina u istoj dozi (100×10^{-7} mol). $*x = 0,3$ L/ha

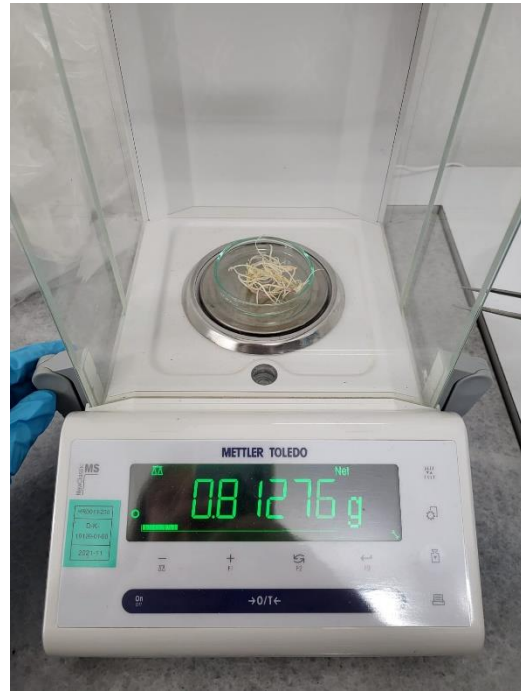
Na dno Petrijevih zdjelica postavljen je filter papir te je posijano 25 sjemenki kukuruza (Syngenta, SY CARIOCA) po posudi. Sjeme je tretirano s 5 ml svake otopine (tretmana) po zdjelici te destiliranom vodom kao kontrolnim tretmanom u 4 ponavljanja (ukupno 36 zdjelica). Petrijeve zdjelice s posijanim i tretiranim sjemenom kukuruza su zatim postavljene u klima komoru na optimalan režim za rast gdje se izmjenjuje fotoperiod od 12h noć/12h dan s intenzitetom osvjjetljenja od 40 – 50 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ te temperature 25/15 °C. Sedam dana nakon postavljanja pokusa utvrđen je postotak klijavosti sjemena kukuruza, duljina radikule i koleoptile i svježa masa klijanaca kukuruza. Svježa masa klijanaca kukuruza utvrđena je analitičkom vagom (METTLER TOLEDO). Za utvrđivanje suhe mase klijanci su sušeni u sušioniku i 48 sati na temperaturi od 60 °C. Nakon sušenja na analitičkoj vagi izvagana je suha masa.



Slika 3.1.1. Priprema otopina herbicida i vanilične kiseline



Slika 3.1.2. Stavljanje kukuruza na klijanje nakon primjene tretmana



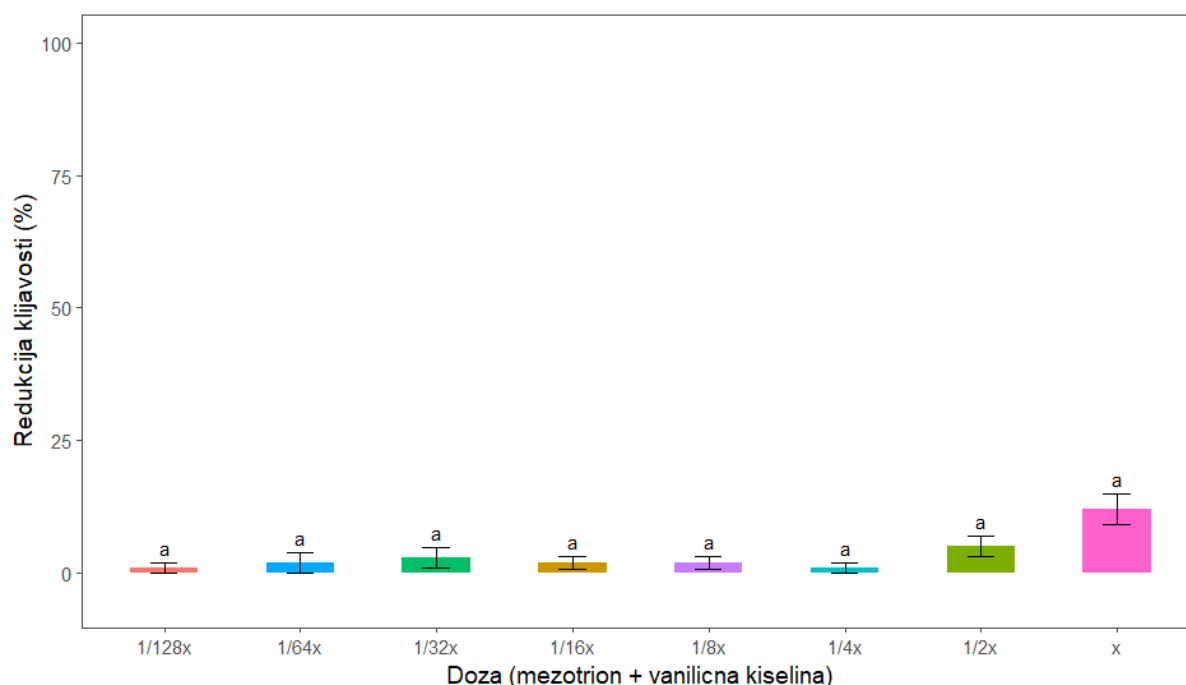
Slika 3.1.3. Mjerenje svježe mase klijanaca na analitičkoj vagi

4. Rezultati

Analizom rezultata nisu utvrđene značajne statističke razlike između korištenih doza samog herbicida i reduciranih doza herbicida u kombinaciji s vaniličnom kiselinom.

4.1. Klijavost ambrozije nakon *in vitro* primjene herbicida i reduciranih doza herbicida u kombinaciji s vaniličnom kiselinom

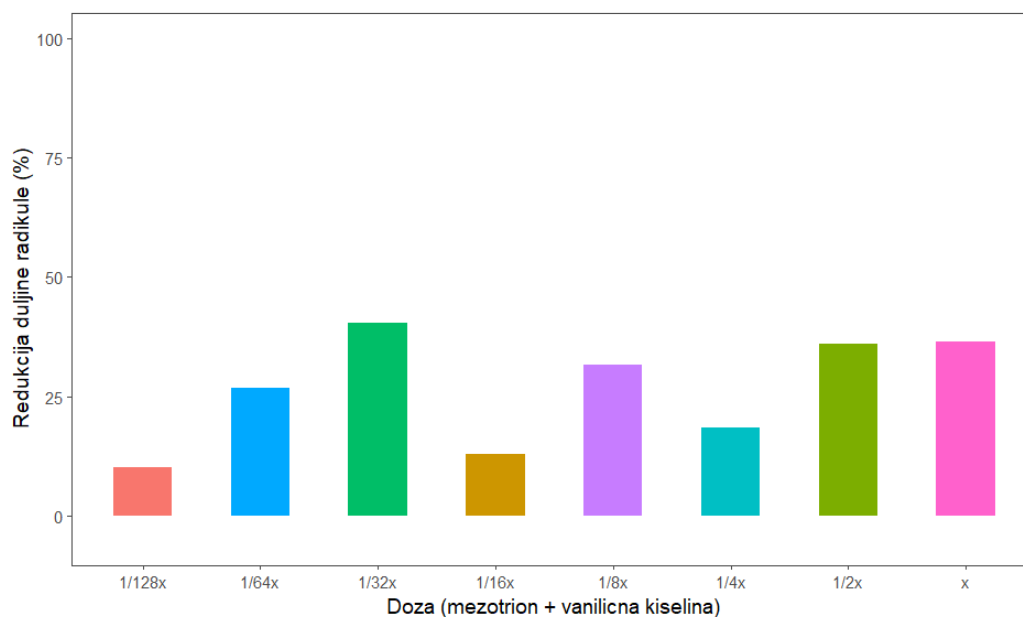
Mjerenjem klijavost kukuruza utvrđene su statistički značajne razlike između istraživanih dozacija mezotriona u kombinaciji s vaniličnom kiselinom. Međutim, primjena čistog mezotriona uzrokovala je najveću inhibiciju klijavosti no ni ta razlika nije statistički opravdana. Srednje vrijednosti redukcije klijavosti kretale su se od 1% do 12,17%



Graf 4.1. Redukcija klijavosti kukuruza nakon primjene mezotriona i reduciranih doza mezotriona u kombinaciji s vaniličnom kiselinom

4.2. Redukcija duljine radikule kukuruza nakon *in vitro* primjene herbicida i reduciranih doza herbicida u kombinaciji s vaniličnom kiselinom

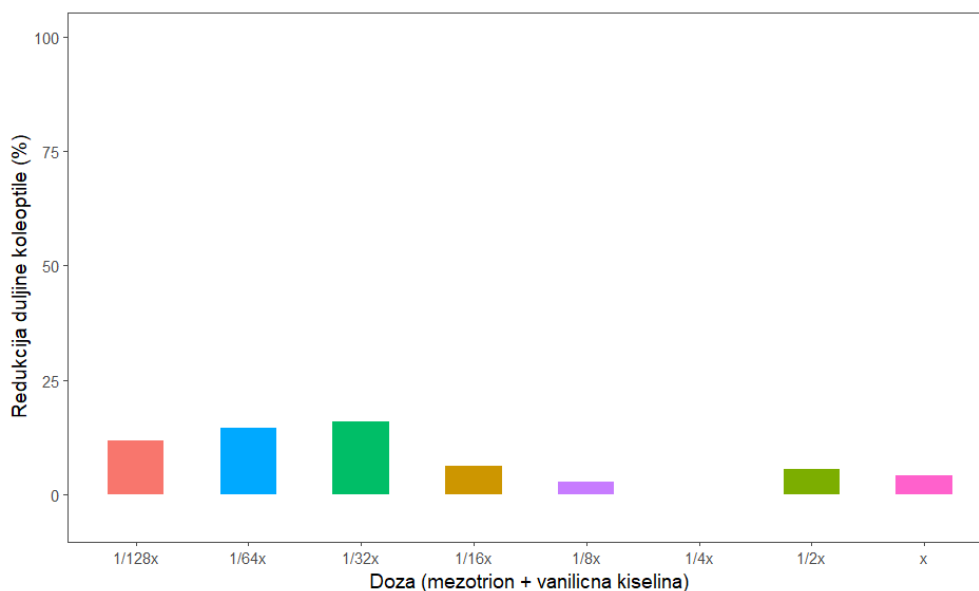
Mjerenjem duljine radikule nisu utvrđene statistički značajne razlike između primijenjenih doza herbicida u kombinaciji s vaniličnom kiselinom pa su rezultati prikazani kroz srednje vrijednosti redukcije. Redukcija duljine radikule kukuruza kretala se od 10,30% do 40,36%, ali između dozacija mezotriona (x – 1/128 x) kombiniranih s vaniličnom kiselinom nije utvrđena opravdana razlika.



Graf 4.2. Redukcija duljine radikule nakon primjene mezotriona i reduciranih doza mezotriona u kombinaciji s vaniličnom kiselinom

4.3. Redukcija duljine koleoptile kuluruza nakon *in vitro* primjene herbicida i reduciranih doza herbicida u kombinaciji s vaniličnom kiselinom

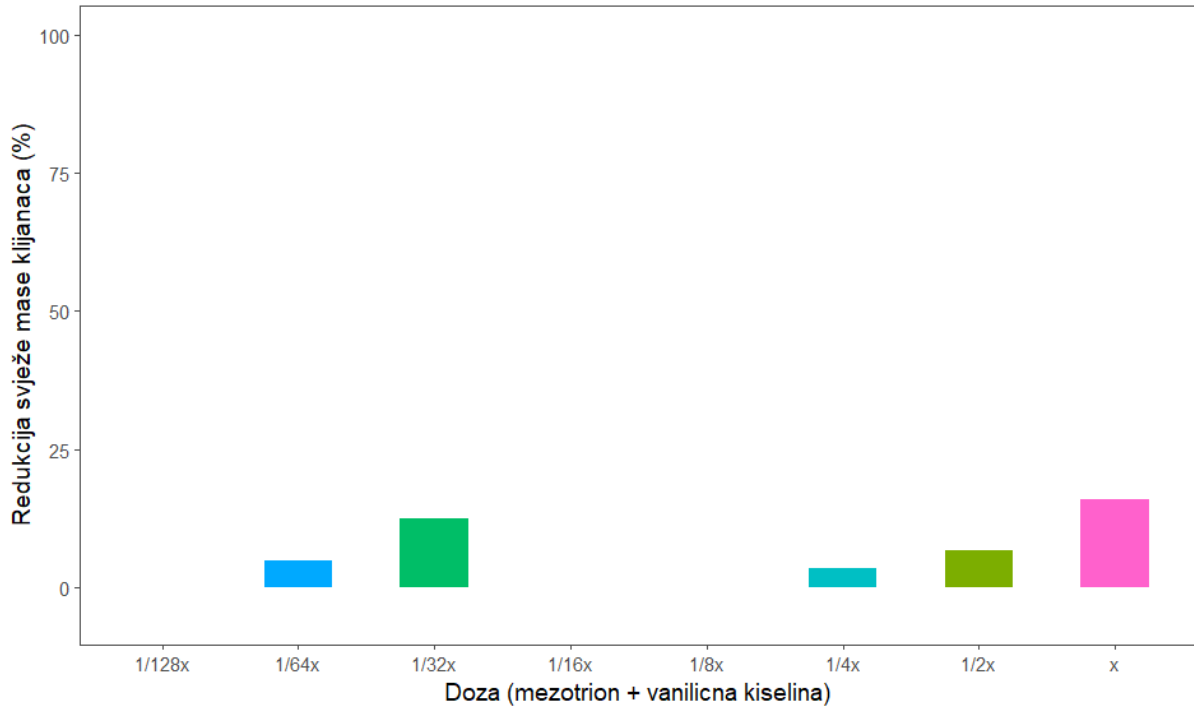
U ovom parametru također nisu utvrđene statistički značajne razlike između istraživanih tretmana te su se prosječne redukcije duljine koleoptile kretale od 2,77% do 15,97%.



Graf 4.3. Redukcija duljine koleoptile nakon primjene herbicida i reduciranih doza herbicida u kombinaciji s vaniličnom kiselinom

4.4. Svježa masa klijanaca nakon *in vitro* primjene herbicida i reduciranih doza herbicida u kombinaciji s vaniličnom kiselinom

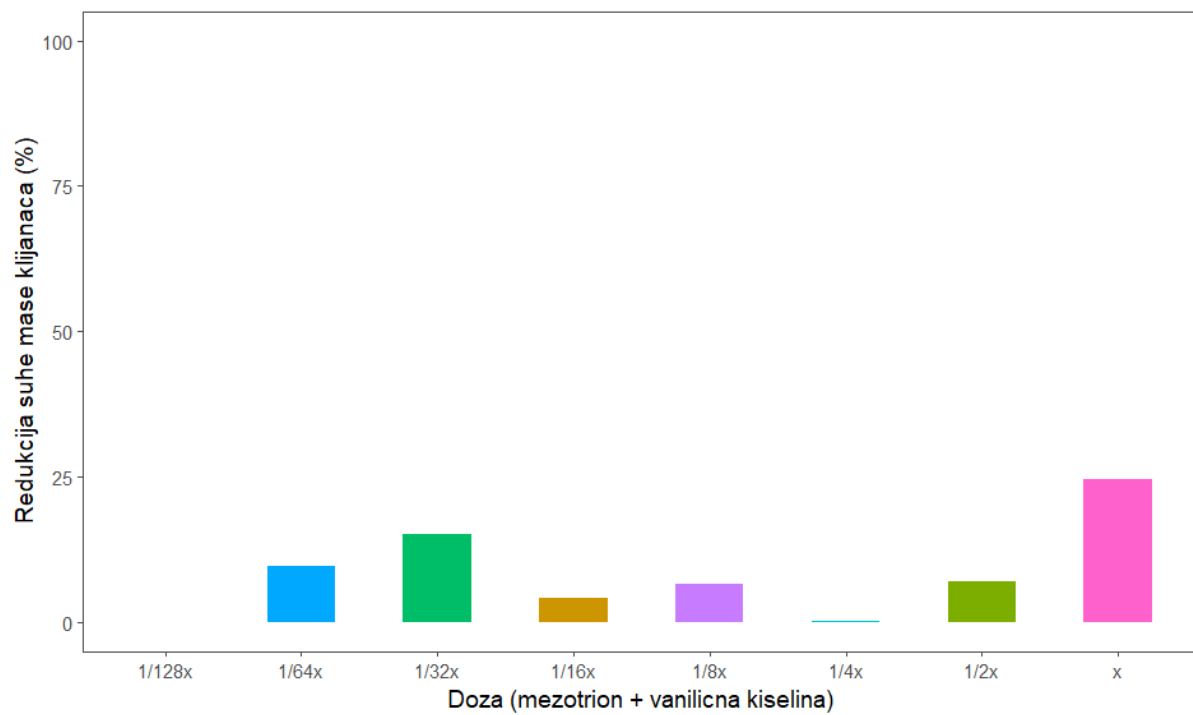
Ponovno između primijenjenih doza nema značajnih statističkih razlika. Redukcija svježe mase klijanaca kukuruza kretala se od 3,53% do 15,99%.



Graf 4.4. Svježa masa klijanaca nakon primjene herbicida i reduciranih doza herbicida u kombinaciji s vaniličnom kiselinom

4.5. Suha masa klijanaca nakon *in vitro* primjene herbicida i reduciranih doza herbicida u kombinaciji s vaniličnom kiselinom

Značajne statističke razlike nisu primijećene ni u mjerenju ovog parametra. Prosječne doze redukcije suhe mase klijanaca kretale su se od 0,18% do 24,61%.



Graf 4.5. Suha masa klijanaca nakon primjene herbicida i reduciranih doza herbicida u kombinaciji s vaniličnom kiselinom

5. Rasprava

Dosadašnjim je istraživanjima utvrđen inhibicijski učinak fenolnih spojeva izoliranih iz pokrovnih usjeva na klijanje i početan rast i razvoj korova (Šćepanović i sur., 2022). Također je dodavanjem *p*-hidrobenzojeve, *p*-kumarične, ferulične te vanilične kiseline reduciranim dozama herbicida Adenga (tiakarbazon-metil + izoksaf lutol) u *in vitro* i plasteničkim pokusima utvrđen inhibicijski potencijal navedene kombinacije reduciranih doza herbicida uz dodatak fenolnih spojeva prema korovnoj vrsti *Ambrosia artemisiifolia* (Pismarović, 2021.). Uzevši u obzir rezultate navedenih istraživanja postavlja se pitanje kako kombinacija reduciranih doza herbicida i fenolnih spojeva utječe na kulture u kojima bi se potencijalno mogle suzbijati korovne vrste. Cilj ovog rada bio je utvrditi učinak vanilične kiseline u kombinaciji s reduciranim dozama herbicida mezotriona na *in vitro* rast i razvoj biljaka kukuruza. Selektivnost kukuruza ispitana je kroz parametre redukcije klijavosti, redukcija duljine radikule i koleoptile te redukciju svježe i suhe mase klijanaca. Rezultati istraživanja ukazuju da početni (*in-vitro*) rast kukuruza nije značajno inhibiran primjenom reduciranih doza herbicida u kombinaciji s vaniličnom kiselinom. Klijavost kukuruza iznosila je više od 90% pri primjeni svih doza herbicida osim nakon primjene pune doze mezotriona gdje je klijavost bila reducirana za 12,2%. Dobiveni podaci su pozitivni s obzirom da je utvrđeno da dodatak vanilične kiseline reduciranim dozama mezotriona ne utječe negativno na klijanje kukuruza, a što je poželjno svojstvo bilo kojeg herbicida. Prema dostupnim literaturnim podacima nisu pronađeni podaci o miješanju vanilične kiseline s reduciranim dozama određenih herbicida. Međutim u istraživanju Frketić (2022) ferulična i *p*-hidroksibenzojeva kiselina kombinirane su s reduciranim dozama herbicida Adengo (tiakarbazon-metil + izoksaf lutol) i u *in vitro* uvjetima su utvrđena određena blaga fitotoksična oštećenja kukuruza gdje je redukcija klijavosti nakon primjene Adenga s feruličnom kiselinom iznosila 8,5%, dok je čisti Adengo reducirao klijavost tek za 2,7%. Iako su u *in vitro* uvjetima fenolne kiseline pojačale redukcijски učinak herbicida Adenga na klijavost i rani rast kukuruza, na biljkama kukuruza koji je naknadno bio folijarno tretiran istim kombinacijama herbicida i fenolnih kiselina nisu utvrđena značajna oštećenja mladih biljaka kukuruza.

Osim klijavosti i ostali mjereni parametri kukuruza u ovom *in vitro* istraživanju nisu bili značajno inhibirani dodatkom vanilične kiseline i reducirane dozacije herbicida. Maksimalna inhibicija iznosila je 15.9% primjenom 1/32 doze herbicida kombinirane s vaniličnom kiselinom ali nije utvrđena statistički značajna razlika između istraživanih dozacija herbicida u kombinaciji s vaniličnom kiselinom niti kod jednog mjenog parametra.

Isto kao što dodatak vanilične kiseline nije djelovao antagonistički prema mezotrionu, izostao je i sinergistički učinak odnosno nije došlo do povećanja mjenih parametra na kukuruza. U istraživanju Stupnicka-Rodzyńkiewicz i sur. (2006) utvrđeno je kako u manjim dozama fenolni spojevi stimuliraju rast korova, što nije postignuto u ovom istraživanju primjenom jako reduciranih doza herbicida u kombinaciji s vaniličnom kiselinom.

Dobiveni rezultati *in vitro* istraživanja ukazuju na selektivni učinak kombinacije reduciranih doza herbicida mezotriona u kombinaciji s vaniličnom kiselinom. Istraživanja bi

trebalo nastaviti i u plasteničkim uvjetima kako bi se istražila selektivnost kukuruza i kod folijarne primjene navedene kombinacije. S obzirom da kod folijarne primjene herbicida usvajanje može biti otežano zbog raznih biotičkih i abiotičkih čimbenika, pretpostavka je da će prikazana minimalna oštećenja kukuruza u ovom *in vitro* istraživanju biti značajno manja u plasteničkim i poljskim pokusima.

6. Zaključak

Nakon *in vitro* istraživanja utjecaja kombinacije vanilične kiseline s reduciranim dozama herbicida može se zaključiti kako nema značajnog inhibitornog učinka ovih kombinacija na klijavost te rani rast i razvoj kukuruza. Prosječna inhibicija klijavost iznosila je 12,17%. Redukcija duljine radikule iznosila je 26,66%, a redukcija duljine koleoptile iznosila je u prosjeku 9,40%. Prosjek redukcije svježe mase klijanaca kukuruza iznosila je 8,28% dok je prosječna vrijednost redukcije suhe mase iznosila 10,28%.

Iako bi se ovakve kombinacije mogle koristiti kao alternativna mjera suzbijanja korova u kukuruza, potrebno je provesti dodatna istraživanja u plasteniku na mladim biljkama kukuruza te potencijalno provesti istraživanje u poljskim uvjetima.

7. Popis literature

1. Alex, J. F. (1964). Weeds of tomato and corn fields in two regions of Ontario. *Weed research*, 308-318.
2. Anderson, R. L. (2005). A Multi-Tactic Approach to Manage Weed Population Dynamics in Crop Rotations. *Agronomy Journal*, 97(6), 1579-1583.
3. Andrade, C. D. B., Constantin, J., Scapim, C. A., Lucca e Braccini, A. D., & Angelotti, F. (1999). Effect of weed competition in different spacing upon yield of three common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *Ciência e Agrotecnologia*, 23(3), 529-539.
4. Barić, K. i Ostojić, Z. (2020). Implementacija pokrovnih usjeva u sustav suzbijanja korova. *Glasilo biljne zaštite*, 20 (5), 530-539.
5. Barić K., Ostojić Z., Šćepanović M. (2014). Integrirana zaštita bilja od korova. *Glasilo biljne zaštite*, 14(5): 416-434
6. Belz, R. G. (2007). Allelopathy in crop/weed interactions—an update. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 63(4), 308-326.
7. Belz, R. G., Reinhardt, C. F., Foxcroft, L. C., & Hurle, K. (2007). Residue allelopathy in *Parthenium hysterophorus* L.—Does parthenin play a leading role?. *Crop Protection*, 26(3), 237-245.
8. Boydston R. A., Hang A. (1995). Rapeseed (*Brassica napus*) green manure crop suppresses weeds in potato (*Solanum tuberosum*). *Weed technology*, 9(4): 669-675.
9. Brijačak E., Koščak L., Šoštarčić V., Kljak K., Šćepanović M. (2020). Sensitivity of yellow foxtail (*Setaria glauca* L.) and barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* L.) to aqueous extracts or dry biomass of cover crops. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(15): 5510-5517.
10. Cerrera L. M., Abdul-Baki A.A., Teasdale J.R. (2004). Cover Crop Management and Weed Suppression in No-tillage Sweet Corn Production. *HortScience*, 39(6), 1262–1266
11. Clay S. A., Banken K. R., Forcella F., Ellsbury M. M., Clay, D. E., Olness A. E. (2006). Influence of yellow foxtail on corn growth and yield. *Communications in soil science and plant analysis*, 37(9-10): 1421-1435.
12. Cox, W. J., Hahn, R. R., & Stachowski, P. J. (2006). Time of Weed Removal with Glyphosate Affects Corn Growth and Yield Components. *Agronomy Journal*, 98(2), 349.
13. Dhima K. V., Vasilakoglou I. B., Gatsis T. D., Panou-Philotheou E., Eleftherohorinos I. G. (2009). Effects of aromatic plants incorporated as green manure on weed and maize development. *Field Crops Research*, 110(3): 235-241.

14. Džidić Uzelac, L. (2014). Alelopatija (Završni rad). Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet
15. Evans, S. P., Knezevic, S. Z., Lindquist, J. L., Shapiro, C. A., & Blankenship, E. E. (2003). Nitrogen application influences the critical period for weed control in corn. *Weed Science*, 51(3), 408–417.
16. Frketić R. (2002). Selektivnost kukuruza prema kombinaciji reduciranih dozacija herbicida i fenolne kiseline. Završni rad, 2022. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet
17. Ghareib, H. R. A., Abdelhamed, M. S., & Ibrahim, O. H. (2010). Antioxidative effects of the acetone fraction and vanillic acid from *Chenopodium muraleon* tomato plants. *Weed Biology and Management*, 10(1), 64–72.
18. Glauning, J., & Holzner, W. (1982). Interference between weeds and crops: a review of literature. *Biology and ecology of weeds*, 149-159.
19. Gunsolus, J. L. (1990). Mechanical and cultural weed control in corn and soybeans. *American Journal of Alternative Agriculture*, 5(03), 114.
20. Hall, M. R., Swanton, C. J., & Anderson, G. W. (1992). The Critical Period of Weed Control in Grain Corn (*Zea mays*). *Weed Science*, 40(3), 441–447.
21. Haramoto, E. R., & Gallandt, E. R. (2004). Brassica cover cropping for weed management: A review. *Renewable agriculture and food systems*, 19(4), 187-198.
22. Hartwig, N. L., & Ammon, H. U. (2002). Cover crops and living mulches. *Weed science*, 50(6), 688-699.
23. Hrgović S. (2007). Osnove agrotehnike proizvodnje kukuruza (*Zea mays*). *Glasnik Zaštite Bilja*, 30 (3): 48-61
24. Kaspar T.C., Singer J.W. (2011). The Use of Cover Crops to Manage Soil, *Soil Management: Building a Stable Base for Agriculture*, 21, 321-337.
25. Kazinczi, G., Horváth, J., Takács, A. P., Gáborjányi, R., & Béres, I. (2004). Experimental and natural weed host-virus relations. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 69(3), 53-60.
26. Krishnan G., Holshouser D. L., Nissen S. J. (1998). Weed control in soybean (*Glycine max*) with green manure crops. *Weed technology*, 12(1): 97-102.
27. Kropff, M. J., Vossen, F. J. H., Spitters, C. J. T., & De Groot, W. (1984). Competition between a maize crop and a natural population of *Echinochloa crus-galli* (L.) PB. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 32(4), 324-327.

28. Kumar, Y. J. N., Spandana, V., Vaishnavi, V. S., Neha, K., & Devi, V. G. R. R. (2020, June). Supervised machine learning approach for crop yield prediction in agriculture sector. In 2020 5th International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES) (pp. 736-741). IEEE.
29. Kunz, C., Sturm, D. J., Varnholt, D., Walker, F., & Gerhards, R. (2016). Allelopathic effects and weed suppressive ability of cover crops. *Plant, soil and environment*, 62(2), 60-66.
30. Narwal, S. S. (2004). *Research Methods in Plant Sciences: Allelopathy Vol. 1 (Soil Analysis)*. Scientific Publishers.
31. Oerke E. C. (2006). Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science*, 144(1): 31- 43.
32. Ostojić, Z. (2011). Naši napasni korovi-Koštan zakorovljuje gotovo sve kulture. *Gospodarski list*, 168(1), 13-13.
33. Parvin, K., Nahar, K., Hasanuzzaman, M., Bhuyan, M. B., Mohsin, S. M., & Fujita, M. (2020). Exogenous vanillic acid enhances salt tolerance of tomato: Insight into plant antioxidant defense and glyoxalase systems. *Plant Physiology and Biochemistry*, 150, 109-120.
34. Pismarović L. (2021). Učinak kombinacije reduciranih dozacija herbicida s fenolnim kiselinama na redukciju klijanja i rasta ambrozije (*Ambrosia artemisiifolia* L.) Dekanova nagrada 2021. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet
35. Rice E. L. (1979). Allelopathy—an update. *The Botanical Review*, 45(1): 15-109.
36. Snapp S. S., Swinton S. M., Labarta R., Mutch D., Black J. R., Leep R., Oneil K. (2005). Evaluating cover crops for benefits, costs and performance within cropping system niches. *Agronomy journal*, 97(1): 322-332
37. Robards, K. (2003). Strategies for the determination of bioactive phenols in plants, fruit and vegetables. *Journal of chromatography A*, 1000(1-2), 657-691.
38. Saric-Krsmanović, M.; Radivojević, L.J.; Šantric, L.R.; Đordevic, T.M.; Gajic Umiljendic, J. Effects of mixtures of allelopathic plant water extracts and a herbicide on weed suppression. *J. Environ. Sci. Health—B Pestic. Food Contam. Agric. Wastes* 2020, 56, 16–22.
39. Stefanović L., Simić M. (2008). Suzbijanje korova u semenskoj proizvodnji kukuruza – efekti primene herbicida u toku vegetacije, *Acta herbologica*, 17 (2), 57-65.
40. Stupnicka-Rodzynekiewicz, E., Dabkowska, T., Stoklosa, A., Hura, T., Dubert, F., Lepiarczyk, A. (2006). The effect of selected phenolic compounds on the initial growth of four weed species. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 486, 479–486.
41. Šćepanović M. (2007). Korovna flora kukuruza. *Glasilo biljne zaštite*, 5 (5): 352-356.

42. Šćepanović M., Novak N., Barić K., Ostojić Z., Galzina N. Goršić M. (2007). Alelopatski utjecaj korovnih vrsta *Abutilon theophrasti* Med. i *Datura stramonium* L. na početni razvoj kukuruza. Agronomski glasnik, 69 (6): 459-472.
43. Šćepanović M., Šoštarčić V., Barić K. (2015) Učinak reduciranih doza topramezona u kombinaciji s adjuvantima na korovne vrste *Chenopodium album* (l.) i *Echinochloa crus-galli* (l.) u usjevu kukuruza, Glasilo biljne zaštite, 255-263
44. Šćepanović M., Sarić-Krsmanović M., Šoštarčić V., Brijačak E., Lakić J., Špirović Trifunović B., Gajić Umiljendić J. Radivojević L. (2021). Inhibitory effects of brassicaceae cover crop on *Ambrosia artemisiifolia* germination and early growth. Plants, 10(4):794. 90.
45. Šćepanović M., Koščak L., Šoštarčić V., Pismarović L., Milanović-Litre, A. Kljak K. (2022). Selected Phenolic Acids Inhibit the Initial Growth of *Ambrosia artemisiifolia* L. Biology, 11(4):482
46. Varga, P., Beres, I., & Reisinger, P. (2002). The competitive effect of three dangerous weeds on the yields of maize in different years. Növényvédelem, 38(5), 219-226.
47. Weaver, S. E., & Tan, C. S. (1983). Critical period of weed interference in transplanted tomatoes (*Lycopersicon esculentum*): growth analysis. Weed Science, 31(4), 476-481.
48. Zimdahl, R. L. (1980). Weed-crop competition, a review. Weed-crop competition, a review.
49. https://www.sigmaaldrich.com/HR/en/product/mm/841025?gclid=Cj0KCQjw1rqkBhCTARlsAAHz7K1qkfLoshC8o4DEsWR1SSRBwd72ttzrkErl2AyAAxD3ODOV6NU-B UaAsDBEALw_wcB&gclid=aw.ds
50. <https://www.agroklub.com/>

Životopis

Petra Gregurić rođena je 4.2.2002. u Novoj Gradiški. Pohađala je osnovnu školu „Vladimir Nazor“ u Adžamovcima gdje je sudjelovala u natjecanjima iz biologije, geografije i vjeronauka te plesnim revijama na kojima je nastupala s plesnom skupinom kao dio izvannastavne aktivnosti. Od 2016. do 2020. školuje se u općoj gimnaziji u Novoj Gradiški. Godine 2020. upisuje Agronomski fakultet sveučilišta u Zagrebu, smjer Fitomedicina. Počevši od 2021. godine, naredne tri godine zapošljava se kao sezonski radnik u firmi Eurofins Croatiakontrola d.o.o. u produžnici u Novoj Gradiški, gdje u laboratoriju firme Slavonija Slad d.o.o. radi na analizi pivarskog ječma za proizvodnju slada. Od stranih jezika odlično se služi engleskim, poznaje osnove njemačkog jezika, a tijekom srednjoškolskog obrazovanja jednu godinu učila je francuski i grčki jezik.