



**УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ  
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ**

**Департман за фитомедицину и  
заштиту животне средине**



**Маја Ајдуковић**

**дипл. инж. пољопривреде**

**ЕТАРСКО УЉЕ РУЗМАРИНА У БИОЛОШКОЈ  
КОНТРОЛИ КОРОВА**

**МАСТЕР РАД**

**Нови Сад, 2024.**



**УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ  
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ**

**Департман за фитомедицину и  
заштиту животне средине**



Кандидат

Маја Ајдуковић

Ментор

Проф. др Маја Меселџија

**ЕТАРСКО УЉЕ РУЗМАРИНА У БИОЛОШКОЈ  
КОНТРОЛИ КОРОВА**

МАСТЕР РАД

**Нови Сад, 2024.**

КОМИСИЈА ЗА ОЦЕНУ И ОДБРАНУ МАСТЕР РАДА:

---

**др Маја Меселција, редовни професор**

Ужа научна област: Фитофармација

Пољопривредни факултет, Нови Сад

-Ментор-

---

**др Сања Лазих, редовни професор**

Ужа научна област: Фитофармација

Пољопривредни факултет, Нови Сад

-Председник-

---

**др Драгана Шуњка, ванредни професор**

Ужа научна област: Фитофармација

Пољопривредни факултет, Нови Сад

-Члан-

# САДРЖАЈ

РЕЗИМЕ.....	1
SUMMARY.....	1
1. УВОД.....	1
2. ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ.....	3
2.1. ЕТАРСКА УЉА.....	3
2.1.1. Хемијски састав етарског уља.....	4
2.1.2. Биолошка активност етарских уља.....	5
2.2. ЕТАРСКО УЉЕ РУЗМАРИНА.....	7
2.2.1. Главне компоненте етарског уља рузмарина.....	8
2.3. КОРОВСКЕ БИЉНЕ ВРСТЕ.....	12
2.3.1. <i>Amaranthus retroflexus</i> L. – штир обични.....	12
2.3.2. <i>Portulaca oleracea</i> L. – тушт.....	13
2.3.3. <i>Setaria viridis</i> (L.) P. Beauv – зелени мухар.....	15
2.4. ГАЈЕНЕ БИЉНЕ ВРСТЕ.....	16
2.4.1. <i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> L.– главичасти купус.....	16
2.4.2. <i>Capsicum anuum</i> L.– паприка.....	17
3. ЗАДАТАК И ЦИЉ РАДА.....	19
4. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ РАДА.....	20
5. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА.....	23
5.1. ЕФЕКАТ ЕТАРСКОГ УЉА РУЗМАРИНА У СУЗБИЈАЊУ ВРСТЕ <i>Amaranthus retroflexus</i> L. ....	23
5.2. ЕФЕКАТ ЕТАРСКОГ УЉА РУЗМАРИНА У СУЗБИЈАЊУ ВРСТЕ <i>Portulaca</i> <i>oleracea</i> L. ....	25
5.3. ЕФЕКАТ ЕТАРСКОГ УЉА РУЗМАРИНА У СУЗБИЈАЊУ ВРСТЕ <i>Setaria</i> <i>viridis</i> (L.) P.Beauv. ....	27
5.4. ФИТОТОКСИЧНИ ЕФЕКАТ ЕТАРСКОГ УЉА РУЗМАРИНА НА <i>Brassica</i> <i>oleracea</i> var. <i>capitata</i> L.....	29
5.5. ФИТОТОКСИЧНИ ЕФЕКАТ ЕТАРСКОГ УЉА РУЗМАРИНА НА <i>Capsicum</i> <i>anuum</i> L. ....	31
5.6. СТАТИСТИЧКА ОБРАДА ПОДАТАКА.....	33
6. ЗАКЉУЧАК.....	37
7. ЛИТЕРАТУРА.....	39

## Етарско уље рузмарина у биолошкој контроли корова

### РЕЗИМЕ

Штетни ефекти синтетичких хербицида по здравље људи и животну средину су проблеми који су ангажовали истраживаче широм света да се посвете развоју нових, еколошки прихватљивијих приступа у сузбијању корова. Циљ истраживања је био тестирање хербицидног дејства етарског уља рузмарина на коровске врсте *Amaranthus retroflexus* L., *Portulaca oleracea* L. и *Setaria viridis* (L.) P.Beauv., као и осетљивости на гајене врсте главичасти купус (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) и паприка (*Capsicum anuum* L.). Етарско уље је примењено у концентрацијама од 1, 5 и 10% (v/v). Биљке су третиране и топлом водом температуре 80-90°C, док је контролна варијанта остала нетретирана. Оцењивање је извршено 1, 24, 48, 72 и 168h након примене. Раствор етарског уља у концентрацији 1% није показао ефикасност у сузбијању *A. retroflexus* и *P. oleracea*, као ни фитотоксичност на гајеним врстама. Најефикасније деловање етарског уља било је при концентрацији од 10% (v/v), а потпуни ефекат у сузбијању испитиваних корова утврђен је 24h након њихове примене. Гајене биљке испољиле су високу осетљивост на фитотоксично деловање раствора етарског уља рузмарина при концентрацији од 5% и 10%. Третман са топлом водом испољио је врло лака оштећења која нису ометала даљи развој биљака.

**Кључне речи:** етарско уље рузмарина, биолошка контрола, корови, главичасти купус, паприка

## Rosemary essential oil in biological weed control

### SUMMARY

To avoid the harmful effects of synthetic herbicides on human health and environment considerable effort has been devoted to finding alternative products derived from natural sources. The aim of the study was to test the herbicidal effect and phytotoxicity of *Rosmarinus officinalis* L., essential oil on weed species *Amaranthus retroflexus* L., *Portulaca oleracea* L., и *Setaria viridis* (L.) P.Beauv., as well as the sensitivity to cultivated species cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) and pepper (*Capsicum anuum* L.). The essential oil was applied at concentrations of 1, 5 and 10% (v/v). Plants were treated with hot water (temperature 80-90°C), while the control variant remained untreated. The evaluation was carried out 1, 24, 48, 72 and 168h after application. Essential oil solution at a concentration of 1% did not show efficacy in controlling *A. retroflexus* and *P. oleracea*, nor phytotoxicity on cultivated species. The most effective impact of essential oil was at a concentration of 10% (v/v), and the complete effect in controlling the weeds were determined 24h after their application. Cultivated plants showed high sensitivity to the phytotoxic effect of rosemary essential oil solution at a concentration of 5% and 10%. The hot water treatment showed light damage that did not hinder further plant development.

**Key words:** rosemary essential oil, biological control, weeds, cabbage, pepper

## 1. УВОД

Брига о животној средини, као и свест о штетној дугорочној употреби пестицида главна је одредница аграрне политике Европске уније, директиве о Одрживој употреби пестицида (Директива 2009/128/ЕЗ) и стратегије Зелени план (European Green Deal). Истовремено, губици приноса у усевима проузроковани штетним организмима износе око 70%, што је према проценама ФАО (Food and Agriculture Organization), 290 милијарди долара, од чега на корове отпада преко 30% (Шћепановић и сар., 2023). Корови могу да смање принос усева надметањем за природне ресурсе као што су вода, светлост, хранљиве материје, али и посредством алелопатских једињења која излучују преко надземних или подземних органа, или у процесу клијања семена као и материјама које настају у процесу разлагања биљног материјала (Меселџија и сар., 2017).

Примена хербицида у контроли корова представља једну од основних стратегија у конвенционалној пољопривредној производњи. Прекомерном применом хербицида дошло је до испољавања њиховог штетног нежељеног утицаја по здравље и животну средину (Трифунковић и Тојић, 2022). Још један проблем изазван прекомерном употребом хербицида је појава резистентности код корова на поједине синтетичке хербициде. Забрана употребе одређених активних супстанци законским регулативама, високи трошкови и регистрација нових хербицида, као и захтеви тржишта за храном произведеном без остатака пестицида и генетичких модификација допринели су проналажењу алтернативних начина сузбијања корова (Равлић и Баличевић, 2014; Ven Kaab et al., 2019). У том смислу одржива пољопривредна производња у ЕУ се усмерава на испитивање могућности примене биолошких средстава за заштиту биља, односно биопестицида. Удео биопестицида на тржишту средстава за заштиту биља највећи је у САД-у (44%), а на другом месту је ЕУ са 20%, од којих прва три места заузимају Шпанија, Италија и Француска (Mishra et al., 2014.; Мустапић и Чале, 2023).

Биолошка контрола подразумева примену живих корисних организама и продуката њиховог метаболизма у контроли штетних организама (укључујући патогене, штеточине и корове) (Stenberg et al., 2021; Golijan Pantović et al., 2023). Ботанички пестициди подразумевају примену биљних екстракта и етарских уља у заштити биља. Познато је да биљке садрже бројне одбрамбене механизме, којима се штите од напада разних штеточина, а примена биљних екстракта у сузбијању штетних организама сматра се старом колико и заштита биља (Zibae, 2011). Етарска уља су једна од најзначајних природних секундарних метаболита који се користе у пољопривреди као биопестициди. Ове природне супстанце препознате су као извор нових могућности и развоја технологија које могу допринети одрживом развоју у пољопривреди (Табаковић и сар., 2023). Поседују високу биолошку активност, учествују у интеракцији биљке са факторима спољне средине. Етарска уља која испољавају алелопатско и фитотоксично деловање на друге биљне врсте представљају потенцијалне биохербициде (Трифунуовић и Тојић, 2022).

## **2. ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ**

### **2.1. ЕТАРСКА УЉА**

Етарска уља, позната још и као есенцијална или етерична уља, представљају концентроване уљане течности које садрже испарљива ароматична једињења, карактеристичног мириса. Представљају комплексне, природне смеше испарљивих једињења специфичног мириса, која настају у ароматичним биљкама током секундарног метаболизма (Regnault-Roger et al., 2012).

Етарска уља су углавном безбојне, жуте или жутозелене мирисне течности, а нека могу бити вискозна или чврсте конзистенције на собној температури. Поред органолептичких својстава, њихов квалитет одређују и физичке и хемијске карактеристике као што су: густина, растворљивост у алкохолу, индекс преламања, оптичка ротација, интервал кључања, киселински и етарски број, садржај алдехида, кетона и фенола. У већини случајева, због своје липофилности етарска уља нису растворљива у води, али се растварају у неполарним органским растварачима, етанолу и масним уљима (Шпировић Трифуновић и Тојић, 2022). Могу се синтетисати у разним биљним органима: цветовима (поморанца, лаванда), пупољцима (каранфилић), плодовима (анис), семенима (кориандер), листовима (нана, еукалиптус, жалфија, мајчина душица), кори (цимет) и ризомима (ђумбир) (Dhifi et al., 2016; Raveau et al., 2020), а скупљају се у секреторним ћелијама, шупљинама, каналима и ћелијама епидерма (Raut и Karuppayil, 2014; Бошковић, 2016).

Данас је познато преко 3 000 етарских уља, док је око 300 од комерцијалног значаја. Водеће земље у производњи су Кина и Индија, а у Европи највећу количину произведу Француска и Немачка, након којих следе Шпанија, Грчка и Велика Британија (Видаковић-Кнежевић, 2022). Највеће количине етарских уља употребе се у прехранбеној и индустрији пића (35%), козметици и ароматерапији (29%),



производима за домаћинство (16%) и фармацевтској индустрији (15%) (Barbieri и Borsotto, 2018).

Извори етарских уља су ароматичне или лековите биљке, које најчешће припадају аутохтоној флори Медитеранског региона али често и балканских земаља. Најзначајније биљне фамилије које стварају етарска уља су *Apiaceae*, *Asteraceae*, *Combretaceae*, *Geraniaceae*, *Gramineae* и *Lamiaceae*, а поред њих су такође значајне и *Myrtaceae*, *Meliaceae*, *Piperaceae*, *Rutaceae*, *Verbenaceae* и *Zingiberaceae*. Ароматичне карактеристике етарских уља обезбеђују различите функције за биљке, укључујући привлачење или одбијање инсеката, заштиту од топлоте или хладноће и коришћење хемијских састојака уља као материјала за одбрану од патогена. Многа етарска уља имају друге намене као адитиви за храну, ароме и компоненте козметике, сапуна, парфема, пластике и као смоле.

Високо концентрована етарска уља се из делова биљака могу добити на више начина: хидродестилацијом, хладним пресовањем, екстракцијом помоћу растварача и надкритичном екстракцијом. Најзаступљенији начин добијања је дестилација воденом паром (Видаковић-Кнежевић, 2022).

### 2.1.1. Хемијски састав етарског уља

Хемијски састав и квалитет етарског уља исте биљне врсте зависе од генотипа, области где се биљка гаји, вегетативне фазе и делова биљака који се користе за њихово добијање, климатских услова, услова складиштења, и методе добијања (Ribeiro-Santos et al., 2017). Етарска уља су природне смеше које се састоје од већег броја компонената, најчешће од 20 до 60, које су у уљу заступљене у различитим концентрацијама. Две или три компоненте налазе се у већим концентрацијама (20-70 %), док се остале компоненте налазе у траговима. Ове компоненте утичу на крајњи ефекат, делујући адитивно (de Sousa et al., 2023). Компоненте етарских уља се могу поделити у две фитохемијске групе: терпени (монотерпени и сесквитерпени) и фенилпропаноиди (Јевремовић, 2019).

Терпени спадају у главне компоненте скоро свих етарских уља. Производи су секундарног метаболизма и синтетишу се у цитоплазми и пластидима. Према хемијском саставу су незасићени угљоводоници састављени из изопренских

јединица. У зависности од броја изопренских јединица постоје монотерпени, дитерпени, тритерпени, тетратерпени, сексвитерпени. Терпени могу да садрже различите функционалне групе због чега им се интензитет биолошке активности разликује. Они утичу на раст биљака, инхибирају процесе митозе, изазивају хлорозу, некрозу и оксидативни стрес (Verdeguer et al., 2020). Најзаступљенији су монотерпени и сесквитерпени, који се једним именом називају терпеноиди (Zuzarte и Salgueiro, 2015). Монотерпени су најзаступљенија једињења етарских уља и чине 90% њиховог састава. Према хемијским групама које се налазе у њиховом саставу могу се поделити на: карбуре (мирцен, оцимен, камфен, сабинен), алкохоле (линалол, гераниол, ментол, борнеол), алдехиде (гераниал, нерал), кетоне (карвон, камфор, тујон), естре (пропионат, ментил), етре (1,8-цинеол, ментофуран) и феноле (тимол, карвакрол) (Kabir et al., 2020). Слично монотерпенима, у саставу сесквитерпена могу се наћи: карбури ( $\beta$ -кариофилен, азулен), алкохоли (бисабол, фарнесол), кетони (гермакрон) и епоксиди (кариофилен оксид, хумулен епоксиди) (Bakkali et al., 2008).

Фенилпропаноиди су лакоиспарљива једињења синтетисана од стране биљака у шикимат-арогенат путу од фенилаланина до главних биљних фенола и деривата фенилпропана. Многи фенилпропаноиди који улазе у састав етарских уља су феноли и фенолни естри (Bakkali et al., 2008). За разлику од терпеноида који су заступљени у свим етарским уљима, фенилпропаноиди су карактеристични само за етарска уља појединих биљних фамилија као што су *Apiaceae*, *Lamiaceae*, *Myrtaceae*, *Piperaceae* и *Rutaceae*. Фенилпропаноиди су добили назив према својој хемијској структури ароматичног прстена фенола са пропаном. Учествују у систему самоодбране биљака од повреда и инфекција, хербивора и зрачења. То су ароматичне супстанце карактеристичног мириса због чега се примењују у козметици и производњи парфема (De Sousa et al., 2023).

### 2.1.2. Биолошка активност етарских уља

У биљкама етарска уља имају важну улогу у одбрамбеном механизму, у одбрани биљака од биљоједа и штетних микроорганизама, али исто тако имају важну улогу и у привлачењу полинатора. Истраживања показују њихова антимикробна, антибактеријска, антифунгална, антивирусна, антиоксидативна, антиканцерогена, инсектицидна, репелентна, хербицидна и многа друга својства (Ibanez i Blazquez,

2020; Elyemni et al., 2022; Видаковић Кнежевић, 2022). С обзиром на њихову биолошку активност, све више пажње посвећује се њиховом испитивању у циљу употребе у заштити биља. Због своје високе биолошке активности етарска уља се сматрају и потенцијалним биохербицидима (De Mastro et al., 2021). Поједина етарска уља су се добро показала у сузбијању одређених коровских врста (Лаћарац, 2021).

Утврђено је да биљке из фамилије *Lamiaceae* (рузмарин, босиљак, мајчина душица, оригано, жалфија), поседују антиоксидантну и антимикуробну активност, и користе се у козметици, прехранбеној и фармаколошкој индустрији (Trivellini et al., 2016). Биљке из ове фамилије имају и хербицидну активност захваљујући присуству појединих компоненти: 1,8-цинеол, а-пинен, карвакрол, лимонен, камфор и тимол (Nazrati et al., 2017). Скоро сва комерцијализована етарска уља су потенцијални селективни, контактни хербициди, доброг али краткотрајног деловања. Њихова примена у пољопривреди је последњих неколико година постала све интензивнија. Данас се увелико ради на екстракцији органских једињења из различитих биљних врста, посебно етарских уља с обзиром на њихову широку примену не само у пољопривреди, већ и у другим гранама привреде.

Биохербициди на бази етарских уља поседују многе предности у односу на синтетичке хербициде. Они су еколошки, имају брзу биоразградњу, различите механизме деловања на корове, побољшавају опрашивање делујући као атрактантни или као репеленти (Табаковић и сар., 2023). Њихова употреба у органској производњи обећава, али је ефикасност лимитирана чињеницом да брзо делују и релативно брзо испаравају (Ђорђевић и сар., 2013). Алтернативне формулације и микрокапсулација су предмет истраживања и развоја како би се смањиле неопходне количине за апликацију, повећало време деловања кроз смањивање испаравања, поједноставио начин руковања оваквим препаратима и како би се успорила стопа деградације у окружењу (Меселција и сар., 2017). Етарско уље рузмарина (*Rosmarinus officinalis* L.), оригана (*Origanum vulgare*), бора (*Pinus* sp.), каранфилића (*Syzygium aromaticum* L.), лимун траве (*Cymbopogon citratus*), менте (*Mentha piperita* L.), сусама (*Sesamum indicum* L.), жалфије (*Salvia officinalis*), цимета (*Cinnamomum zeylanicum* L.), лаванде (*Lavandula* spp), само су нека од уља чија су хербицидна својства испитивана (Меселција и сар., 2017). Данас су ове природне материје препознате у развоју нових технологија у одрживој пољопривреди. Ефикасност биохербицида зависи од фазе развоја корова, па су тако најефикаснији у фази

клијанаца или у фази развоја од 3 до 4 листа. Код већине корова, уља као типични липофили, пролазе кроз ћелијски зид цитоплазматске мембране, ремете структуру њихових различитих слојева полисахарида, масних киселина и фосфолипида, и утичу на пермеабилност (пропустљивост) мембране. Оштећују ДНК, утичу на биохемијске процесе, заустављају митозу, ремете функције меристемских ћелија у расту садница. Масне киселине етарских уља имају широк спектар биохербицидних активности које ометају рад ћелијске мембране и резултирају губитком ћелијске активности. Нека истраживања указују на позитивно дејство етарских уља на смањење дормантности семена (Табаковић и сар., 2023). Штете од њихове примене на биљкама огледају се кроз хлорозе, некрозе и инхибиције раста. Неопходно су додатна истраживања на већем броју етарских уља, као и већи број коровских врста које ће бити третиране различитим концентрацијама, али и гајених биљака, ради провере да ли су безбедна за примену у одређеним усевима. На овај начин надоградиће се већ постојеће знање, сагледати многе предности и недостаци и обезбедити алтернатива употреби синтетичких хербицида у систему интегрисаних мера контроле корова у конвенционалној и/или органској биљној производњи.

## 2.2. ЕТАРСКО УЉЕ РУЗМАРИНА

Рузмарин (*Rosmarinus officinalis* L.) је ароматична биљка највише распрострањена у медитеранским пределима Италије, Француске, Шпаније и Туниса. Иако води порекло из медитеранске области, данас је распрострањена широм света (Borges et al., 2019). Спада у фамилију *Lamiaceae*, која обухвата велики број биљака које продукују етарска уља од којих су поред рузмарина, најзначајније оригано, мента, жалфија, мајчина душица. Рузмарин је зимзелена биљка жбунасте форме са карактеристичним издужено копљастим, задебљалим, тамно зеленим листовима и светло плавим или љубичастим цветовима (сл.1). Може да нарасте у висину и до 1,8m. Листови рузмарина су на наличју бледо зелене боје због великог броја glandularних длачица из којих се испушта карактеристичан мирис етарског уља. Гландуларне длачице испуштају етарско уље као одговор на високе температуре и сушу односно као вид заштите од неповољних услова (González-Minero et al., 2020). Етарско уље рузмарина је безбојне до светло жуте боје карактеристичног мириса цинеола или камфора у зависности од хемотипа.

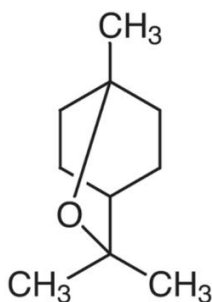
Слика 1. *Rosmarinus officinalis* L. (оригинал)

Као одговор на екстремне климатске услове биљка рузмарино производи етарско уље богато високо испарљивим супстанцама (González-Minero et al., 2020). Хемијски састав и осцилирање у квантитету појединих компоненти етарског уља рузмарино зависи од климатских услова и спољашње средине. Етарско уље рузмарино одликује карактеристичан хемијски састав у којем су главне компоненте 1,8-цинеол (38,5%), камфор (17,1%),  $\alpha$ -пинен (12,3%), лимонен (6,23%), камфен (6,00%) и линалол (5,70%) (Hussain et al., 2008; Марковић, 2011; Stojiljković et al., 2018; Elyemni et al., 2022), за које је већ познато да испољавају фитотоксично деловање према појединим коровским врстама. Постоје различити хемотипови рузмарино који се разликују по хемијском саставу етарског уља односно по уделу доминантних супстанци. Хемијски састав етарског уља рузмарино зависи и од фазе онтогенезе у којој се биљка налази. Лакушић и сар. (2013) су испитивали варијабилност хемијског састава рузмарино у различитим онтогенетским фазама, а као главне компоненте етарског уља наводе камфор (18,2-28,1%), 1,8-цинеол (6,4-18%),  $\alpha$ -пинен (9,7-13,5%) и борнеол (4,4-9,5). Доказано је да се уље рузмарино може користити и као фунгицид широког спектра деловања, али и као инсектицид у воћарској и повртарској производњи.

### 2.2.1. Главне компоненте етарског уља рузмарино

#### 1. 1,8-цинеол

Еукалиптол је други назив за монотерпен 1,8-цинеол (сл.2). Еукалиптол је безбојна течност са карактеристичним мирисом еукалиптуса.



Слика 2. Хемијска структура 1,8-цинеола

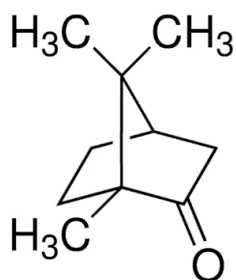
(<https://www.tcichemicals.com>)

Овај монотерпен се сматра једном од компоненти етарских уља са највећим алелопатских потенцијалом код многих биљних врста а нарочито код врста *Eucalyptus sp.*. Етарска уља врста рода *Eucalyptus* испољавају алелопатско деловање и код већине ових врста 1,8-цинеол је доминантна компонента (Amri et al. 2012).

Монотерпен 1,8-цинеол је једна од главних компоненти етарских уља биљака *Rosmarinus officinalis*, *Majorana hortensis*, *Tanacetum aucheranum* и *T. chiliophyllum*. Еугенол узрокује поремећаје у процесима митозе, инхибира фотосинтезу и утиче на садржај хлорофила код врста *Allium cepa* и *Ageratum conyzoides*. Код биљке *Ageratum conyzoides* је додатно утицао и на процесе фотосинтезе и садржај хлорофила. Монотерпен 1,8-цинеол инхибира клијање и ницање код биљних врста *Lactuca sativa*, *Amaranthus retroflexus*, *Echinochloa crus-galli*, *Cassia obtusifolia* и *Raphanus sativus* (Graña et al., 2012).

## 2. Камфор

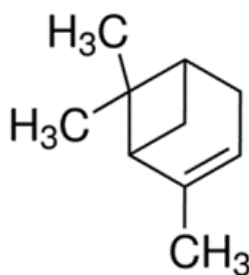
Камфор је монотерпенски кетон (сл.3). Овај монотерпеноид је у виду кристалног праха беле боје или безбојан. Камфор поседује карактеристичан мирис који подсећа на нафталин (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>).

Слика 3. Хемијска структура камфора (<https://www.sigmaaldrich.com>)

Камфор такође испољава фитотоксично деловање. Камфор је једна од главних компоненти екстракта биљке *Cinnamomum camphora* који инхибира клијање семена и раст и развој корова *Lolium perenne* L., зелене салате (*Lactuca sativa*) и парадајза (*Solanum lycopersicum*) (Wang et al., 2022). Камфор је главни састојак етарског уља биљке *Achillea gypsicola* које значајно инхибира клијање и издуживање корена биљака *Amaranthus retroflexus*, *Cirsium arvense*, *Zea mays*, *Brassica campestris*, *Lactuca serriola* и *Rumex crispus* (Graña et al., 2012).

### 3. $\alpha$ -пинен

$\alpha$ -пинен је бициклични хидрокарбонантни монотерпен, прозирна и безбојна течност карактеристичног мириса смоле борова и четинара. Паре овог монотерпена су теже од ваздуха и имају тачку паљења 33°C (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>).



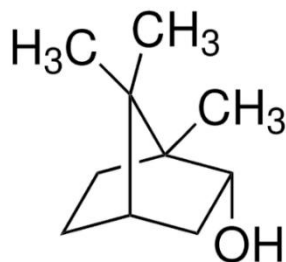
Слика 4. Хемијска структура  $\alpha$ -пинена

(<https://www.sigmaaldrich.com>)

Монотерпен  $\alpha$ -пинен (сл.4) утиче на респираторну активност митохондрија хипокотила, оксидативну фосфорилацију, ензиматску активност протеаза,  $\alpha$  и  $\beta$  амилаза, и на развој самог корена код биљних врста *Cassia occidentalis*, *Amaranthus viridis* и *Triticum aestivum* (Amri et al., 2012). Изазива промене у митохондријалном дисању и преносу електрона код изданака кукуруза (Graña et al., 2012).

### 4. Борнеол

Борнеол је бициклични монотерпеноид алкохол, чисто беле боје у чврстом стању у форми кристала (сл.5) (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>). Постоје две врсте монотерпена борнеола: синтетички борнеол и природни борнеол пореклом из етарских уља. Етарска уља која су богата борнеолом су заступљена код биљака пореклом из фамилија *Dipterocarpaceae*, *Lamiaceae*, *Valerianaceae* и *Asteraceae* (Chen et al., 2011).



Слика 5. Хемијска структура борнеола

(<https://www.sigmaaldrich.com>)

Борнеол је једна од главних компоненти етарских уља која испољавају високу фитотоксичност као што су етарска уља *Salvia sclarea*, *Artemisia absinthium*, *Origanum acutidens*, *Eriocephalus africanus*, *Nepeta flavida*, *Zataria multiflora*, *Agastache rugosa*, *Salvia officinalis*, *Ocimum basilicum* и *Tanacetum chiliophyllum*. Борнеол инхибира клијање и ницање код биљака *Bidens pinosa*, *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album* и *Rumex crispus* (Abd-ElGawad et al., 2020).

Хемијски састав етарског уља рузмарина упућује на његов биохербицидни потенцијал, чије утврђивање подразумева низ процедура и испитивања како у лабораторији тако и у пољу. У истраживањима аутора Tworkoski (2002) установљено је да концентрације од 5% и 10% (v/v) етарских уља делују фитотоксично на биљке, те је на основу ових података извршен одабир концентрација које су коришћене током испитивања. Како би се испитало да ли и мање концентрације имају фитотоксично дејство уведена је и варијанта са 1% (v/v) концентрације. Hassannejad и Ghafarbi (2013) су потврдили алелопатске ефекте појединих етарских уља из породице *Lamiaceae*, која су значајно утицала на клијавост и раст клијанаца *Cuscuta campestris*. Angelini et al. (2003) су испитивали фитотоксичност етарског уља рузмарина на семену коровских врста *Chenopodium album*, *Portulaca oleracea* и *Echinochloa crus-galli* и гајених биљака ротквице (*Raphanus sativus*), паприке (*Capsicum annuum*) и зелене салате (*Lactuca sativa*). Испитивали су етарско уље рузмарина са два локалитета, један локалитет са пешчаним тлом (гајени рузмарин, тип А) а други неприступачни каменити приобални предели (дивљи рузмарин, тип Б). Етарско уље типа Б испољило је јаче фитотоксично деловање на семену коровских и гајених биљака у односу на тип А.



## 2.3. КОРОВСКЕ БИЉНЕ ВРСТЕ

### 2.3.1. *Amaranthus retroflexus* L. – штир обични

Око 40 врста рода *Amaranthus* води порекло из Америке, док су остале пореклом из Аустралије, Африке, Азије и Европе, при чему је *Amaranthus retroflexus* пореклом из Северне Америке (Mandak et al., 2011). *Amaranthus retroflexus* је једногодишња коровска биљка у народу позната под називом обичан штир. Космполитска врста која је широко распрострањена у 70 земаља тропске и суптропске зоне. Сматра се да је трећа најзаступљенија дикотиледона коровска врста у свету. Веома је распрострањена и на подручју Србије, где је категорисана као адвентивна економски штетна врста у инвазији (Врбничанин и сар., 2004).

*A. retroflexus* поседује усправно стабло зелене боје које може да буде висине од неколико центиметара до 1,3 m (сл.6). Стабло је усправно и густо прекривено длакама. Листови су прости, цели, јајолико-копљастог облика, слабо длакави (Врбничанин и Шинжар, 2003). Стабло је усправно, разгранато, касније одрвењава, бледо зелене боје, висине 50–100 cm. Цвета и плодоноси од јула до септембра, а цветови су ситни, једнополни, сакупљени у густе класолике цвасти (Врбничанин и Шинжар, 2003). Свака цваст има централну осу са терминалним мушким цветом, а испод њега се налази пар наспрамно постављених бочних грана са женским цветовима. Плод је сивозелена елиптично спљоштена чаура, која садржи једно семе. Продукција семена по биљци је огромна и креће се од 5 000 до 300 000. Семе је ситно, црно, сјајно и лако се расејава. *A. retroflexus* се размножава семеном, које у земљишту може сачувати клијавост бар 6-10 година (Costea et al., 2004), док мали део семена задржава клијавост и после 40 годинаведеног у земљишту.

*Amaranthus retroflexus* је инвазивна коровска врста, веома прилагодљива различитим условима окружења. Показује високу толерантност на различите климатске услове, типове земљишта и нивое воде у земљишту. *A. retroflexus* је јак комперитор за простор, воду, хранива и светлост, захваљујући интензивном и брзом расту и огромној продукцији семена, као и високој ефикасности усвајања воде (Божић, 2018). Типичан је коров окопавина, повртњака, воћњака и винограда, среће се на стрништима, а може се наћи и на међама, парлозима и рудералним стаништима.

Смањење приноса потврђено је за већи број усева укључујући кукуруз, кромпир, памук, парадајз, сирак, соју, шећерну репу (Божих, 2018).



Слика 6. *Amaranthus retroflexus* L.

<https://www.minnesotawildflowers.info/flower/redroot-pigweed>

Штетно деловање *A. retroflexus* се испољава кроз алелопатско деловање на усева, али и друге коровске биљке. Наиме, његови водени екстракти инхибирају нодулацију, издуживање хипокотила и раст соје, а утврђено је и алелопатско деловање на пшеници и краставцу (Yu et al., 2023).

Према подацима HRAC (Herbicide Resistance Action Committee) о појави резистентности корова према хербицидима широм света, у односу на до сада пријављених 530 случајева резистентности различитих корова према различитим хербицидима, скоро 10% (51 случајева) је потврђено на ову врсту (Heap, 2024). Овај податак је образложен чињеницом да су врсте рода *Amaranthus* склоне мутацијама и хибриридизацији.

### 2.3.2. *Portulaca oleracea* L. – тушт

*Portulaca oleracea* L. је једногодишња биљка из фамилије *Portulacae* позната као тушт (сл.7). Тушт је биљка врло адаптивна на различите услове и може се пронаћи у пустињским условима Саудијске Арабије, Индије, Африке и Аустралије као и различитим пределима Азије, Европе и Северне Америке. Насељава воћњаке,

винограде, ратарске и повртарске усева и урбане површине (Srivastava et al., 2021). *P. oleracea* је зељаста биљка са карактеристичним сукулентним листовима наизменично постављених на зеленим или црвеним стабљикама. Листови су овално до јајастог облика са заостреним врхом и воштаном превлаком на лицу листа. Листови су чисто зелене боје или зелене боје са црвеним ивицама. Карактерише је продужен период цветања (од јула до првих мразева) (Anđelković et al., 2022). Цветови су жуте боје са по пет латица. Плодови су ситне дуге капсуле унутар који се налази семе. Семе тушта је ситно, око 1mm у пречнику јајастог облика и спљоштено браон до црне боје (Srivastava et al., 2021). Семена задржавају клијавост до 40 година, што додатно омогућава њену инвазију (Anđelković et al., 2022).



Слика 7. *Portulaca oleracea* L.

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Illustration\\_Portulaca\\_oleracea0.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Illustration_Portulaca_oleracea0.jpg)

Коровска врста *Portulaca oleracea* у усеву се такмичи са гајеном биљком у погледу хранљивих материја и воде. Santos et al. (2017) су утврдили да је овај коров значајно утицао на редукцију садржаја фосфора у земљишту усева зелене салате услед чега је гајена биљка заостајала у развоју. Rashidi et al. (2021) су у свом раду навели да *Portulaca oleracea* својим кореновим системом и листовима испољава алелопатско деловање према великом броју усева. Значајне штете остварује у ратарским усевима пшенице (*Triticum aestivum* L.) и кукуруза (*Zea mays* L.) и повртњаку парадајза (*Solanum lycopersicum* L.), црног лука (*Allium cepa* L.), купусњача (*Brassica oleracea* L.) и ротквице (*Raphanus oleracea* L.) (Rashidi et al., 2021).

### 2.3.3. *Setaria viridis* (L.) P. Beauv – зелени мухар

*Setaria viridis* (L.) P. Beauv у народу позната као зелени мухар је једногодишња биљка из породице трава *Poaceae*, пореклом из Евроазије (сл.8) (Hsieh et al., 2021). Зелени мухар је коровско рудерална врста која се може наћи у различитим усевима и рудералним напуштеним стаништима.



Слика 8. Коровска врста *Setaria viridis*

<https://www.minnesotawildflowers.info/grass-sedge-rush/green-foxtail>

*Setaria viridis* је биљка терофита чији биолошки циклус траје мање од годину дана. Продукује велики број семена која задржавају клијавост и до пет година. Може да нарасте до 60 cm у висину. Листови биљке су зелене боје издужено ланцетасти и глатки. Цваст је смештена на крају стабљике у виду густо збијене класолике метлице. Класићи су спљоштени, овално елиптични и густо збијени. Цвета у току лета. Као коровска врста, зелени мухар под одређеним условима земљишне влаге и температуре веома брзо ниче и развија се. Велике штете причињава у ратарским усевима попут кукуруза и пшенице.

Научници Cathcart и Swanton (2017) су у свом раду навели да се *Setaria viridis* у усеву кукуруза интензивно бори за азот чиме утиче на развој гајене биљке. Зелени мухар може да умањи принос кукуруза и до 40%. Овај коров наноси значајне штете и усеву

пшенице. Ihsan et al. (2015) су испитивали утицај *Setaria viridis* на развој пшенице. У поређењу са пшеницом, много брже се развија и конкурише у погледу воде, светлости и хранљивих материја чиме директно утиче на принос. Веома је адаптибилна биљна врста склона прилагођавању неповољним условима суше када наноси највеће штете у усеву пшенице (Ihsan et al., 2015).

## 2.4. ГАЈЕНЕ БИЉНЕ ВРСТЕ

### 2.4.1. *Brassica oleracea* var. *capitata* – главичасти купус

*Brassica oleracea* var. *capitata* – главичасти купус је биљка која потиче са Медитерана и данас се гаји широм света. Спада у фамилију *Brassicaceae*. Цела фамилија броји око 3000 врста разврстаних у 360 родова. Економски најважнији представник на нашим просторима је купус главичар. Може се користити као свеж током целе године или као прерађен. Купус представља веома значајну повртарску врсту са аспекта пољопривреде и медицине (Zahid et al., 2024). Његова драгоценост потиче од садржаја есенцијалних аминокиселина, минерала (калцијум, гвожђе, магнезијум, калијум, фосфор) и антиоксиданата са израженим анти-канцер дејством (Singh et al., 2006).

Земље лидери у свету по производњи купуса су: Кина, Индија, Русија, Кореја, Јапан и САД (Meena et al., 2010). У Србији од свих гајених купусњака 80% је купус главичар. Површински посматрано, поред паприке и парадајза, купус главичар заузима једно од водећих места међу повртарским врстама (Аџић, 2014).

Купус је двогодишња биљна врста, која у другој години формира цветна стабла са гроздастим цвастима са великим бројем цветова (сл.9). Опрашивање најчешће врше инсекти. Плод купуса је љуска унутар које се налазе браон црне семенке, које су округластог облика. Код купуса се разликују листови розете и листови главице. *Brassica oleracea* је биљна врста која обухвата више варијетета од којих су најзначајнији *var. capitata* (купус), *var. sabauda* (кељ), *var. botrytis* (карфиол), *var. italica* (броколи) и *var. gongyloides* (келераба) (Ştefan и Опа, 2020).



Слика 9. Гајена врста *Brassica oleracea* var. *capitata*

(<https://herbarivirtual.uib.es/en/general/1390/especie/brassica-oleracea-l-var-capitata-l->)

Singh et al. (2019) у свом раду наводе да је фаза развоја главице купуса критичан период у којем присуство корова може значајно да утиче на принос. Медић и сар. (2017) наводе да су у Републици Србији најчешћи корови који се појављују у усеву купуса *Echinochloa crus-galli* L., *Portulaca oleracea* L., *Chenopodium album* L., *Convolvulus arvensis* L., *Amaranthus retroflexu* L., *Cynodon dactylon* L., *Solanum nigrum* L., *Galinsoga parviflora* L., *Cirsium arvensis* L., и *Datura stramonium* L.

#### 2.4.2. *Capsicum anuum* – паприка

Паприка (*Capsicum anuum*) је једна од најзначајнијих и најраспрострањенијих повртарских врста у свету (сл.10). Потиче из Средње Америке. Паприка је код нас једногодишња биљна врста из фамилије *Solanaceae*. Род *Capsicum* обухвата велики број варијетета који се разликују по облику и боји плода. Паприка је зељаста биљна врста са разгранатим стаблом зелене боје. Плод је бобица која може бити зелене, жуте или црвене боје. Листови су прости, различитог облика, димензија и боје. Плод паприке садржи карактеристичан алкалоид капсицин од чијег садржаја зависи укус паприке односно интензитет љутине. Семе паприке је пљоснато, бубрежастог облика и светложуте боје (Zhigila et al., 2014).

Слика 10. Гајена врста *Capsicum annuum*

(<https://www.plant-images.de/m/info/643911936?l=en>)

Божич и сар. (2017) у свом раду наводе да су *Solanum nigrum* L., *Datura stramonium* L., *Stellaria media* L., *Cuscuta campestris* Yunck. *Portulaca oleracea* L., *Galinsoga parviflora* L., најзначајније коровске врсте које се јављају у усевима паприке и парадајза. Поред ових коровских врста навели су још и *Amaranthus retroflexus* L., *Ambrosia artemisifolia* L., *Chenopodium album* L., *Cirsium arvense* L., *Echinochloa crus-galli* L., *Setaria galuca* L., *Setaria viridis* L., *Sinapis arvensis* L., као врсте од великог значаја, које могу утицати на принос гајене биљке. Ове коровске врсте се боре за хранљиве материје, воду, светлост и животни простор чиме директно утичу на принос. Гајене биљне врсте су најосетљивије у првим фазама свог развоја. Критичан период за паприку је првих десет недеља уколико се расађује односно прва четири месеца уколико се директно сеје.

### 3. ЗАДАТАК И ЦИЉ РАДА

Циљ истраживања је да се утврди утицај различитих концентрација (1%, 5%, 10%) етарског уља рузмарина (*Rosmarinus officinalis* L.), као потенцијалног биохербицида на коровске врсте *Amaranthus retroflexus* L., *Portulaca oleracea* L., и *Setaria viridis* (L.) P.Beauv. На основу испитивања утврдиће се ефикасност примењених концентрација етарског уља на коровске врсте, као и осетљивост на гајене биљне врсте купус главичар (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) и паприку (*Capsicum anuum* L.). Очекује се да се утврди да ли етарско уље рузмарина поседује потенцијал новог биохербицида који би успешно могао да се користи у систему интегралне заштите биља или у органској производњи поврћа.



#### 4. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ РАДА

Оглед са испитиваним етарским уљем рузмарина (*Rosmarinus officinalis* L.) постављен је на локалитету Врбас, током 2023. године. Обављена су истраживања етарског уља рузмарина као потенцијалног биохербицида у различитим концентрацијама (1%, 5%, 10%), а испитан је и ефекат топле воде температуре 80-90°C.

Од коровских биљака у оглед су укључене три врсте *Amaranthus retroflexus* L., *Portulaca oleracea* L., и *Setaria viridis* (L.) P.Beauv., док су од гајених укључене купус главичар и паприка. Оглед је постављен у четири понављања, а контролна парцела није третирана.

Клијанци коровских врста: *Amaranthus retroflexus* L., *Portulaca oleracea* L., и *Setaria viridis* (L.) P. Beauv., су прикупљени из повртњака (сл.11) где су се јавили као самоникле врсте, а затим пренети и пикирани у пластичне контејнере. Корови су узорковани из усева црног лука (*Allium cepa*) (сл. 12).



Слика 11 и 12. Повртњак из којег су узорковани корови (оригинал)

Пикирани материјал је после расађивања остављен да мирује у трајању од 5 дана како би се избегла свака сумња да су биљке доживеле стрес и из тог разлога пропале.

Након адаптивног периода биљке су третиране испитиваним разблажењима етарског уља рузмарина. Купус (*Brassica oleracea* var. *capitata*) је првобитно посејан у контејнере за расад, након чега је пресађен на посебно одређеном месту у повртњаку док је врста *Capsicum annuum* била директно посађена у земљиште у виду расада. Коришћено је семе аутохтоне сорте футошки купус. Расад паприке узет је од локалног произвођача. У огледу је коришћен расад старе сорте сомборке. Након што је расад паприке пресађен, биљке су третиране након 5 дана, а за то време су редовно заливане. Биљке су третиране раствором комерцијализованог уља рузмарина компаније Kirka Pharma doo. Уље је разређено са водом према наведеним концентрацијама (Меселџија и Миросављевић, 2013), уз додатак 0,1% оквашивача ES Plus (изодецил-алкохол-етоксилат 900 g/l) компаније Агросава д.о.о., Београд. Раствори су примењени ручном прскалицом Einhell BG-PS 1,5/1, радног притиска 2 kPa. У испитивање је укључен и третман са топлом водом температуре 80-90°C, као стандардом. Контрола су биле нетретиране биљке. Испитивани третмани приказани су у Табели 1.

Табела 1. Испитивани третмани

Третмани	Концентрација % (v/v)
Етарског уља рузмарина	1%
	5%
	10%
Топла вода 80-90°C	-
Контрола	-

Оцена ефикасности и фитотоксичности рађена је након 1h, 24h, 48h, 72h и 168h. Оцена ефеката испитиваних третмана на целе биљке рађена је визуелном проценом према European Weed Research Council skali (EWRC) од 1 (0% оштећење) до 9 (100% пропадање биљака) (Püntener, 1981) (Табела 2).

Табела 2. EWRC скала за оцену фитотоксичности

Категорија	Опис оштећења	Оштећење у %
1	Никаква	0
2	Врло лака	1

3	Лака	2
4	Лака до умерена	5
5	Умерена	10
6	Сношљива	25
7	Јака	50
8	Веома јака	75
9	Потпуно уништење	100

За оцену степена оштећености листа коришћена је такође визуелна процена према скали од 1 (0% оштећење) до 5 (100% пропадање биљака) (Gar,1963; Tworkoski, 2002). Скала дата у Табели 3.

Табела 3. Скала оцене оштећења листа по Gar (1963) и Tworkoski (2002)

Категорија	Опис оштећења	Оштећење у %
0	Без видљивих фитотоксичних појава	0
1	Мање хлоротичне или некротичне пеге	1-5
2	Хлоротичне или некротичне пеге	25
3	Хлоротичне или некротичне пеге	50
4	Хлоротичне или некротичне пеге	75
5	Цео лист је хлоротичан, некротичан или је отпао	100

## 5. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

### 5.1. ЕФЕКАТ ЕТАРСКОГ УЉА РУЗМАРИНА У СУЗБИЈАЊУ ВРСТЕ *AMARANTHUS RETROFLEXUS L.*

Ефекти испитиваних концентрација 1, 5 и 10% (v/v) етарског уља рузмарина на коровску врсту *Amaranthus retroflexus* оцењивани су 1h, 24h, 48h, 72h и 168h након њихове примене. У табелама су приказане оцене оштећења према EWRC скали и оцене оштећења листова према Gar (1963) и Tworkoski (2002) (Табеле 4 и 5).

Табела 4. Оцена оштећења етарског уља рузмарина на *Amaranthus retroflexus* (EWRC скала)

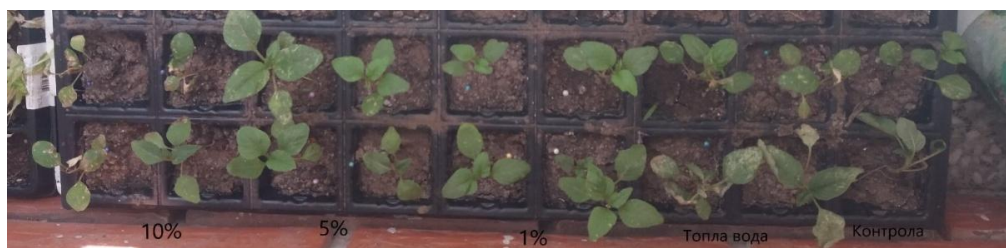
Концентрација етарског уља рузмарина	Оцена оштећења по EWRC скали				
	Време оцене				
	1h	24h	48h	72h	168h
1% v/v	1	1	1	1	1
5% v/v	1	1	3	5	6
10% v/v	1	4	6	7	8
Топла вода	1	1	4	6	6
Контрола	1	1	1	1	1

Табела 5. Оцена оштећења на листу *Amaranthus retroflexus*, скала по Gar-у (1963) и Tworkoski (2002)

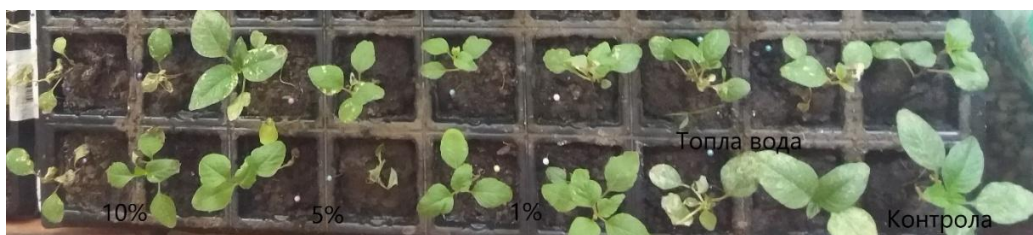
Концентрација етарског уља рузмарина	Оцена оштећења на листу				
	Време примене				
	1h	24h	48h	72h	168h
1% v/v	0	0	1	1	1
5% v/v	0	0	2	2	3

10% v/v	0	2	4	5	5
Топла вода	0	0	1	2	3
Контрола	0	0	0	0	0

Један сат након третмана нису забележени знаци оштећења од примењених концентрација етарског уља као ни у третману код биљака третираних топлом водом. Концентрација од 1% етарског уља није испољила оштећења на биљкама штира. У третману са концентрацијом 5% етарског уља, након 48h од примене уочена су лака оштећења (категорија 3 по EWRC скали), а након 72h дошло је до умерених оштећења, и полагања биљака (категорија 5 по EWRC скали), односно забележене су хлоротичне и некротичне пеге (категорија 2 по Gar-u). Оштећења на биљкама штира 168h након третирања овом концентрацијом су била сношљива до јака (6 по EWRC скали, 3 по Gar-u). При концентрацији од 10% етарског уља ружмарина евидентирана су оштећења на биљкама категорије 4, 6, 7 и 8 по EWRC скали, при чему су након 48 h од примене најситнији листови потпуно некротирали, док су већи листови почели благо да се увијају (категорија 4 по Gar-u). Након 72h при овој концентрацији етарског уља оштећења на биљкама су била јака (категорија 7 по EWRC скали), биљке су испољиле симптоме јаке некрозе (категорија 5 по Gar-u). При највећој примењеној концентрацији, 168h након примене биљке су реаговале полагањем, губљењем тургора, променом боје, што се испољило кроз јака оштећења (категорија 8 према EWRC и категорија 5 по Gar-u (100%). Код биљака третираних топлом водом у првих 24h нису забележени знакови оштећења. Тек након 48h поједини листови су почели да некротирају, а уочена су лака до умерена оштећења (категорија 4 по EWRC скали). Након 72h на појединим листовима штира ивице су почеле да се уврћу и некротирају, а оштећења су била сношљива. Некроза је унапредовала у виду оштећења мањих листова, након 168h од примене (категорија 6 по EWRC скали и 3 по Gar-u).



Слика 13. Биљке *Amaranthus retroflexus* 72h након третирања (оригинал)



Слика 14. Биљке *Amaranthus retroflexus* 168h након третирања (оригинал)

## 5.2. ЕФЕКАТ ЕТАРСКОГ УЉА РУЗМАРИНА У СУЗБИЈАЊУ ВРСТЕ *PORTULACA OLERACEA* L.

Резултати ефекта етарског уља рузмарина у испитиваним концентрацијама 1%, 5% и 10% (v/v), и третмана топле воде на коровску врсту *Portulaca oleracea* приказани су у табелама 6 и 7.

Табела 6. Оцена оштећења етарског уља рузмарина на *Portulaca oleracea* (EWRC скала)

Концентрација етарског уља рузмарина	Оцена оштећења по EWRC скали				
	Време примене				
	1h	24h	48h	72h	168h
1% v/v	1	1	2	3	4
5% v/v	1	1	2	4	7
10% v/v	1	5	7	8	9
Топла вода	1	1	1	1	3
Контрола	1	1	1	1	1

Табела 7. Оцена оштећења на листу *Portulaca oleracea*, скала по Gar-у (1963) и Tworkoski (2002)

Концентрација етарског уља рузмарина	Оцена оштећења листа				
	Време примене				
	1h	24h	48h	72h	168h
1% v/v	0	0	0	0	0
5% v/v	0	0	0	1	2

10% v/v	0	2	5	5	5
Топла вода	0	0	0	0	0
Контрола	0	0	0	0	0

И код врсте *Portulaca oleracea*, 1h након третмана биљке нису показале знакове оштећења ни у једном варијанти. Први ефекти уочени су тек након 48h од примене етарског уља. У третману са концентрацијама 1% и 5% етарског уље рузмарина, уочена су врло лака до лака оштећења, без видљивих фитотоксичних појава (категирија 2 и 3 по EWRC скали, 0 по Gar-u).

При највећој примењеној концентрацији од 10%, већ након 24h дошло је до полагања биљака, умерених оштећења (категирија 5 по EWRC скали) и појаве хлоротичних и некротичних пега (25% оштећења, скала 2 по Gar-u). Највећа оштећења уочена су након 48, 72h и 168h од примене, категоријом 7, 8 и 9 по EWRC скали или 50-100% оштећења биљака. Биљке су реаговале полагањем, појавом јаке хлорозе и некрозе, а након 168 h дошло је до пропадања биљака са оштећењима од 100% (категирија 5 по Gar-u). Биљке третиране топлом водом нису испољиле знакове оштећења у току огледа на овој коровској врсти.



Слика 15. Биљке *Portulaca oleracea* 72h након третирања (оригинал)



Слика 16. Биљке *Portulaca oleracea* 168h након третирања (оригинал)

У истраживањима Меселција и сар. (2019), етарска уља рузмарина и жалфије при концентрацијама 1, 5 и 10% (v/v) су показала ефикасност у сузбијању *Chenopodium*

*album*. Атак и сар. (2016) у свом истраживању наводе да је етарско уље рузмарина зауставило клијавост врста *Avena sterilis* и *Sinapis arvensis*.

### 5.3. ЕФЕКАТ ЕТАРСКОГ УЉА РУЗМАРИНА У СУЗБИЈАЊУ ВРСТЕ *SETARIA VIRIDIS* (L.) P. BEAUV

Резултати испитивања ефекта етарског уља рузмарина на коровској врсти *Setaria viridis* дати су у табели 8 и 9.

Табела 8. Оцена оштећења етарског уља рузмарина на *Setaria viridis* (EWRC скала)

Концентрација етарског уља рузмарина	Оцена оштећења по EWRC скали				
	Време примене				
	1h	24h	48h	72h	168h
1% v/v	1	1	2	3	5
5% v/v	1	3	5	7	7
10% v/v	1	6	7	9	9
Топла вода	1	1	2	3	6
Контрола	1	1	1	1	1

Табела 9. Оцена оштећења на листу *Setaria viridis*, скала по Gar-у (1963) и Tworkoski (2002)

Концентрација етарског уља рузмарина	Оцена оштећења на листу				
	Време примене				
	1h	24h	48h	72h	168h
1% v/v	0	0	2	3	3
5% v/v	0	2	3	3	5
10% v/v	0	4	5	5	5
Топла вода	0	0	0	1	2
Контрола	0	0	0	0	0

Један сат након примене нису забележени знаци оштећења од примењених концентрација 1%, 5% и 10% етарског уља као ни у третману са топлем водом



(категирија 1 по EWRC скали, 0 по Gar-u). У прва 24h, концентрација 1% етарског уља рузмарина није испољила оштећења на биљкама зеленог мухара. Тек након 48h и 72h од примене уочена су врло лака и лака оштећења (категирија 2 и 3 по EWRC скали), појавом хлоротичних и некротичних пега, оштећења 50% (категирија 2 и 3 по Gar-u). У третману са концентрацијом 5% етарског уља, први симптоми уочени су 24h од третирања, у виду лаких оштећења (категирија 3 по EWRC скали) и појаве хлоротичних пега степена оштећености 25% (категирија 2 по Gar-u). Умерена оштећења на биљкама и појава хлоротичних и некротичних пега, као и сушење доњих листова (степен оштећености 50%) забележени су након 48h од примене ове концентрације етарског уља. Након 72 и 168h уочена су јака оштећења на биљкама зеленог мухара (категирија 7 по EWRC скали), при чему су биљке раговале полагањем, појавом јаке хлорозе и некрозе, што је довело до потпуног сушења и пропадања биљака (категирија 5 по Gar-u).

Након 24h од примене највеће концентрације етарског уља рузмарина 10% (v/v) биљке су почеле да полежу и да се суше, са умереним оштећењима (категирија 6 по EWRC скали), и појавом хлоротичних и некротичних пега степена оштећености листа 75% (категирија 4 по Gar-u). Јака оштећења, хлоротичне и некротичне пеге, сушење појединих листова, јавила су се 48h од примене 10% етарског уља рузмарина (категирија 7 по EWRC скали; категирија 5 по Gar-u). Висока ефикасност уочена је након 72h и 168h од примене, а на биљкама су забележена јака оштећења у виду полагања, сушења и пропадања биљака (категирија 9 по EWRC скали; категирија 5 по Gar-u), са оценом оштећења од 100%.

На биљкама третиране топлом водом 1 и 24h од примене, нису забележени симптоми фитотоксичног ефекта. У овој варијанти, први симптоми у виду малих некротичних пега јавили су се након 72h од примене, а након 168h оштећења су била сношљива, са степеном оштећености листа од 25%.



Слика 17. Биљке *Setaria viridis* 72h након третирања (оригинал)



Слика 18. Биљке *Setaria viridis* 168h након третмана (оригинал)

Elghobashy и сар. (2023) наводе да су етарска уља рузмарина и тимјана утицала на параметре раста код корова *Chenopodium album* и *Echinochloa crus-galli*. Друга истраживања показала су фитотоксично деловање етарског уља оригана на *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album* и *Rumex crispus*, и етарског уља мајчине душице на *Verbena officinalis* и *Melissa officinalis* (Raveau et al., 2020). Массони и сар. (2020.) су дошли до закључка да етарско уље рузмарина концентрације 15,6 ml/l поседује потенцијални биохербицидни ефекат односно да негативно утиче на раст и развој изданака инвазивне врсте *Acacia saligna*.

#### 5.4. ФИТОТОКСИЧНИ ЕФЕКАТ ЕТАРСКОГ УЉА РУЗМАРИНА НА *BRASSICA OLERACEA VAR. CAPITATA*

Процена осетљивости гајене биљне врсте *Brassica oleracea var. capitata* на утицај примењених концентрација етарског уља рузмарина вршена је 1h, 24h, 48h, 72h и 168h након њихове примене. У табелама су приказане оцене фитотоксичности према EWRC скали и оцене оштећења листова према Gar (1963) и Tworkoski (2002) (Табеле 10 и 11).

Табела 10. Оцена оштећења етарског уља рузмарина на *Brassica oleracea var. capitata* (EWRC скала)

Концентрација етарског уља рузмарина	Оцена оштећења по EWRC скали				
	Време примене				
	1h	24h	48h	72h	168h
1% v/v	1	2	3	3	3

5% v/v	1	7	7	8	8
10% v/v	1	7	8	8	9
Топла вода	1	5	5	6	7
Контрола	1	1	1	1	1

Табела 11. Оцена оштећења на листу *Brassica oleracea var. capitata*, скала по Gar-у (1963) и Tworkoski (2002)

Концентрација етарског уља рузмарина	Оцена оштећења листа				
	Време примене				
	1h	24h	48h	72h	168h
1% v/v	0	1	1	1	1
5% v/v	0	4	5	5	5
10% v/v	0	4	5	5	5
Топла вода	0	3	4	5	5
Контрола	0	0	0	0	0

Као и код испитиваних коровских врста, тако и код главичастог купуса, један сат након примене третиране биљке нису испољавале симптоме фитотоксичног деловања етарског уља рузмариног.

Биљке купуса третиране раствором етарског уља рузмариног концентрације 1% након 24h испољиле су врло лаке симптоме оштећења у виду мањих појединачних хлоротичних пега које нису утицале на даљи развој биљке (категорија 2 по EWRC скали односно 1 по Gar-у). У третманима већих концентрација овог уља (5% и 10%) већ након 24h од примене, јавили су се симптоми јаке фитотоксичности у виду хлоротичних и некротичних пега (оштећења 75%). Након 48h и 72h, дошло је до веома јаких оштећења (75%), и одумирања третираних делова (категорија 7 и 8 по EWRC скали односно 5 по Gar-у). Након 168h биљке су биле потпуно пропале

(категорија 9 према EWRC) скали односно 5 према Gar-u), односно листови су били хлоротични, некротични или су отпали (5 према Gar-u).

Биљке купуса третиране топлом водом су након 24h подлегле умереној фитотоксичности у виду некрозе појединачних листова. Након 168h биљке третиране топлом водом су потпуно подлегле јакој некрози што одговара категорији 7 према EWRC скали односно категорији 5 према Gar-u.



Слика 19. Биљке *Brassica oleracea var. capitata* 72h након третирања

### 5.5. ФИТОТОКСИЧНИ ЕФЕКАТ ЕТАРСКОГ УЉА РУЗМАРИНА НА *CAPSICUM ANUUM* – ПАПРИКА

Резултати испитивања фитотоксичног ефекта етарског уља рузмарина на гајеној врсти *Capsicum annuum* дати су у табели 12 и 13.

Табела 12. Оцена оштећења етарског уља рузмарина на *Capsicum annuum* (EWRC скала)

Концентрација етарског уља рузмарина	Оцена оштећења по EWRC скали				
	Време примене				
	1h	24h	48h	72h	168h
1% v/v	1	2	2	2	2
5% v/v	1	3	6	7	8
10% v/v	1	7	8	9	9
Топла вода	1	1	2	3	3
Контрола	1	1	1	1	1

Табела 13. Оцена оштећења на листу *Capsicum annuum*, скала по Gar-у (1963) и Tworkoski (2002)

Концентрација етарског уља рузмарина	Оцена оштећења листа				
	Време примене				
	1h	24h	48h	72h	168h
1% v/v	0	1	2	2	2
5% v/v	0	2	3	4	5
10% v/v	0	3	4	5	5
Топла вода	0	1	1	1	1
Контрола	0	0	0	0	0

На биљкама паприке, 1h након примене тестираних концентрација етарског уља рузмарина од 1%, 5% и 10%, нису уочена фитотоксична оштећења.

Биљке третиране 1% раствором етарског уља рузмарина већ након 24h су испољиле прве симптоме у виду ситних хлоротичних и некротичних пега које нису утицале на даљи раст и развој биљка (категорија 2 по EWRC скали односно 1 по Gar-у).

Биљке третиране раствором етарског уља рузмарина концентрације 5% су након 24h испољиле прве симптоме у виду некротичних пега које су се временом шириле и захватале целу биљку. Ова концентрација је након 48 и 72h од примене испољила јака оштећења са појавом хлоротичних и некротичних пега на листовима паприке (50-75%). Након 168h биљке су потпуно пропале што одговара категорији 9 према EWRC скали односно 5 по Gar-у, са оштећењима од 100%.

Највећа испитивана концентрација уља рузмарина од 10% је већ након 24h испољила јака оштећења од 50%, уз појаву хлоротичних пега (скала 3 по Gar-у). Након 48h биљке паприке су некротирале и почеле да се суше, док су након 72 и 168h биљке биле потпуно уништене и некротирале што одговара категорији 9 према EWRC скали и категорији 5 по Gar-у.

Код биљака третираних топлим водом, дошло је до врло лаких и лаких оштећења тек након 48h од примене.



Слика 20. Биљке *Carpsicum annuum* 72h након третриања

### 5.6. СТАТИСТИЧКА ОБРАДА ПОДАТАКА

На основу добијених података из постављеног огледа, потврђује се да између контролне варијанте и третираних варијанти са различитим концентрацијама раствора етарског уља (5 и 10%) постоје статистички значајне разлике, што указује на ефикасност примењеног уља (Графикон 1-3).

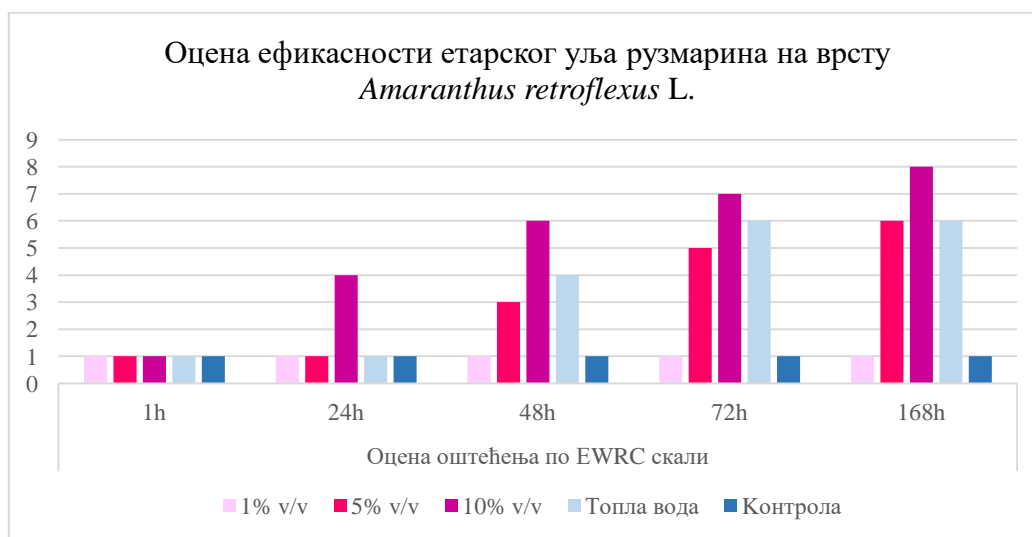


График 1. Оцене ефикасности деловања етарског уља рузмарина на врсту *Amaranthus retroflexus* L.

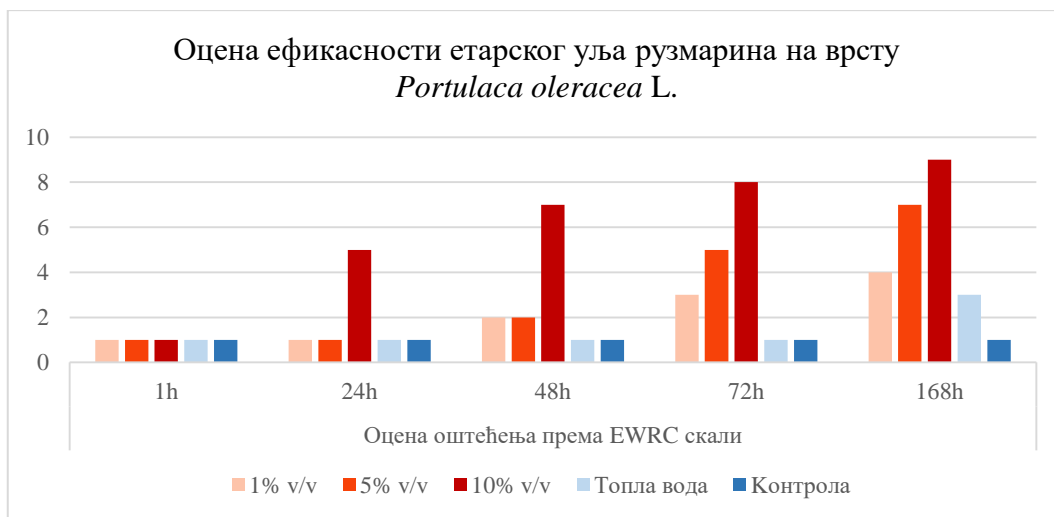


График 2. Оцене ефикасности деловања етарског уља рузмарина на врсту *Portulaca oleracea* L.

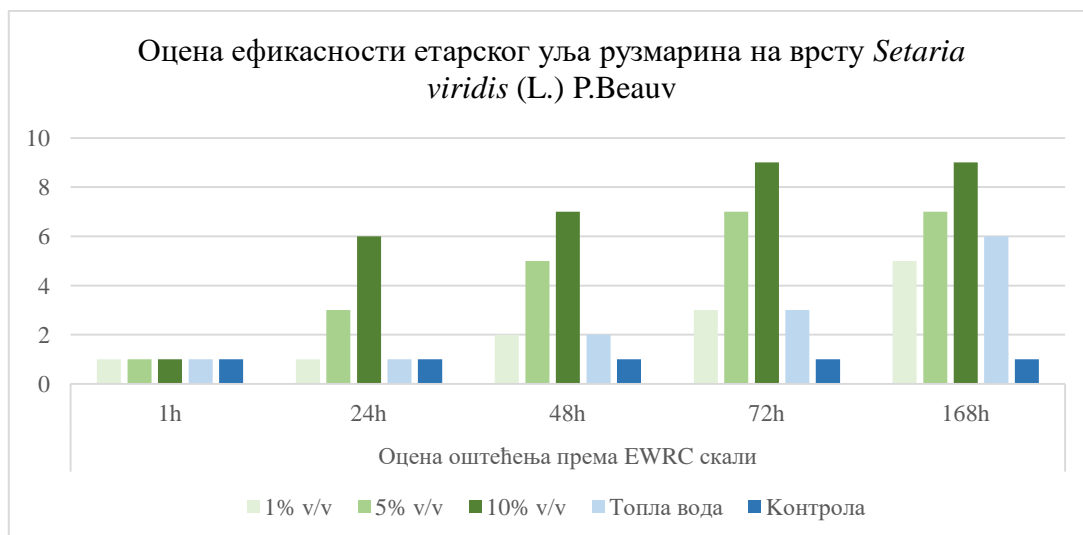


График 3. Оцене ефикасности деловања етарског уља рузмарина на врсту *Setaria viridis* (L.) P. Beauv

Најмања концентрација од 1% испитиваног уља није показала ефикасност у сузбијању коровских врста, у поређењу са контролом. Концентрација од 5% етарског уља испољила је ефикасност тек након 48 и 72h од примене уља. У поређењу са контролом, најбоља ефикасност испољена је већ након 24 и 48h од примене највеће концентрације испитиваног уља (10%). При повећању концентрације етарског уља, повећавали су се и симптоми оштећења на коровима у виду хлорозе, некрозе и сушења. Ово указује да веће концентрације етарског уља имају јаче негативне ефекте на коровске врсте, али истовремено пружају боље сузбијање. Третман са топлом водом температуре 80-90°C, најбољу ефикасност испољио је на листовима штира 48h

након третмана (Граф.1). На биљкама зеленог мухара јавила су се оштећења на појединим листовима, док према корову тушт нису забележени симптоми оштећења у поређењу са контролом.

На основу обраде података, утврђено је да постоје и статистички значајне разлике између нетретиране-контролне варијанте и третираних варијанти код примене различитих концентрација етарског уља рузмарина на гајене врсте. На графикону 4 и 5., приказано је фитотоксично деловање различитих концентрација етарског уља на гајене биљне врсте у поређењу са контролом.

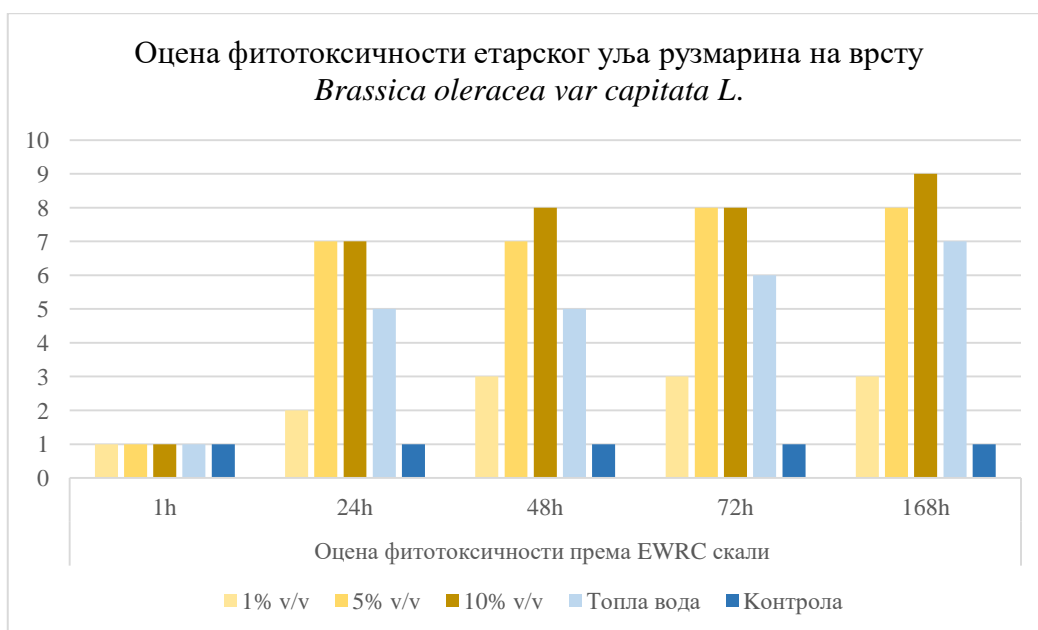


График 4. Фитотоксично деловања етарског уља рузмарина на купус

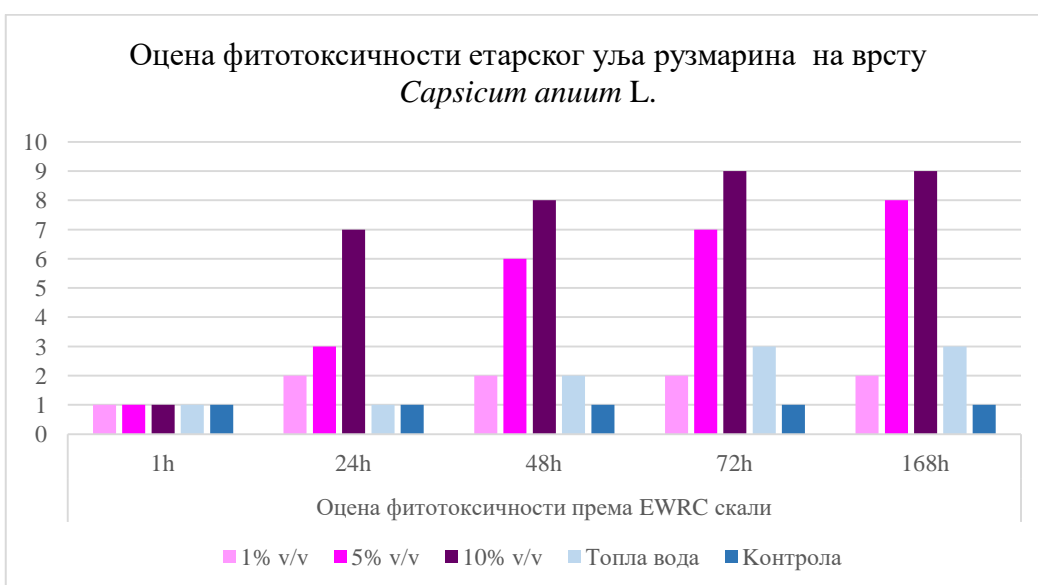


График 5. Фитотоксично деловања етарског уља рузмарина на паприку



Најнижа примењена концентрација раствора етарског уља рузмарина испољила је лаке симптоме фитотоксичности у поређењу са контролом, који нису утицали на даљи развој купуса и паприке. Концентрације од 5 и 10% испољиле су значајне симптоме фитотоксичности на гајеним биљним врстама, што је резултирало потпуним пропадањем биљака (Граф. 4 и 5). На гајеним биљним врстама етарско уље рузмарина испољило је оштећења у различитом интензитету. Уочен је пропорционалним однос интензитета фитотоксичног деловања са концентрацијом раствора етарског уља, односно већа концентрација уља резултирала је већим интензитетом оштећења на биљкама. Подаци нам указују да би оваква истраживања требало наставити и интензивирати са циљем добијања прецизнијих података о деловању уља на корове као и њиховој селективности/неселективности према гајеним врстама.

Массіони et al. (2020) су у свом раду испитивали фитотоксично деловање етарског уља рузмарина на дрвенасту врсту *Acacia saligna*. Испитивали су проценат преживелих изданака, суву масу, биомасу, дужину изданака и корена. Испитивање су вршили са растворима етарског уља различитих концентрација (3,9 ml/l, 7,8 ml/l и 15,6 ml/l), при чему су установили да најјаче фитотоксично деловање испољава најконцентрованији раствор рузмарина.

## 6. ЗАКЉУЧАК

На основу резултата добијених испитивањем ефикасности етарског уља рузмарина *Rosmarinus officinalis* L., као потенцијалног биохербицида на коровске врсте (*Amaranthus retroflexus*, *Portulaca oleracea* и *Setaria viridis*) и осетљивости гајених врста (*Brassica oleraceae* var. *capitata* и *Capsicum annuum*) могу се извести следећи закључци:

- Етарско уље рузмарина испољило је оштећења на биљним врстама у различитом интензитету. Уочен је пропорциони однос интензитета фитотоксичног деловања са концентрацијом раствора етарског уља.
- Концентрација етарског уља од 1% (v/v) није показала ефикасност у сузбијању *A. retroflexus*, *P. oleracea*, док су код врсте *S. viridis* уочена лака оштећења са појавом хлоротичних и некротичних пега.
- Најнижа примењена концентрација етарског уља није испољила фитотоксичне ефекте на гајеним биљним врстама.
- При концентрацији етарског уља од 5% (v/v) код биљака *A. retroflexus* и *P. oleracea* након 72h од примене дошло је до лаких и умерених оштећења, полагања биљака, док су након 168h оштећења била сношљива до јака, са оштећењима на листу од 25-50%. На биљкама *S. viridis* већ након 48h од примене ове концентрације дошло је до умерених оштећења, и појаве хлоротичних пега, а након 72 и 168h забележена су јака оштећења, што је резултирало потпуним пропадањем и сушењем биљака.
- Најбоља ефикасност уља рузмарина постигнута је при концентрацији 10% (v/v), што се манифестовало апсолутним губљењем тургора, хлорозом, некрозом и пропадањем коровских биљака. Биљке су већ након 24 h почеле да испољавају симптоме увијања листова и губљења тургора.

- Третман са топлом водом испољио је оштећења на појединим листовима штира и зеленог мухара, док на биљкама тушт нису забележени симптоми оштећења.
- Најнижа концентрација етарског уља од 1% (v/v) није испољила фитотоксичне ефекте на биљкама *Brassica oleraceae var. capitata* и *Capsicum annuum*.
- Гајене биљке испољиле су високу осетљивост на фитотоксично деловање раствора етарског уља рузмарина при концентрацији од 5% и 10%. Већ након 24h од примене, јавили су се симптоми јаке фитотоксичности у виду хлоротичних и некротичних пега на листовима главичастог купуса и паприке. Након 168h биљке су употпуности пропале.
- Биљке купуса третиране топлом водом су након 168h подлегле јакој некрози, док су на биљкама паприке уочена врло лака оштећења која нису ометала даљи развој биљака.
- Добијени резултати указују да би оваква истраживања требало наставити али и проширити на друге коровске и гајене врсте, са циљем да се добију што прецизнији подаци о деловању одређених етарских уља и њиховој примени у систему интегралне заштите биља или у органској производњи поврћа.

## 7. ЛИТЕРАТУРА

1. Abd-ElGawad, A.M., El Gendy, A.E.-N.G., Assaeed, A.M., Al-Rowaily, S.L., Alharthi, A.S., Mohamed, T.A., Nassar, M.I., Dewir, Y.H., Elshamy, A.I. (2020): Phytotoxic Effects of Plant Essential Oils: A Systematic Review and Structure-Activity Relationship Based on Chemometric Analyses. *Journal: Plants*. 10 (1), 36; <https://doi.org/10.3390/plants10010036>
2. Amri, I., Hamrouni, L., Hananac, M., Jamoussi, B. (2012): Reviews on phytotoxic effects of essential oils and their individual components: news approach for weed management. *International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology*. 4, 1, 96-114.
3. Angelini, L.G., Carpanese, G., Cioni, P. L., Morelli, I., Macchia, M., Flamini, G., (2003): Essential oils from Mediterranean *Lamiaceae* as weed germination inhibitors. *J. Agric. Food Chem.*, Vol.51: 6158-6164
4. Anđelković, A., Popović, S., Živković, M., Cvijanović, D., Novković, M., Marisavljević, D., Pavlović, D., Radulović, S. (2022): Catchment area, environmental variables and habitat type as predictors of the distribution and abundance of *Portulaca oleracea* L. in the riparian areas of Serbia. *Acta Agriculturae Serbica*, 27(53), 9–15. <https://doi.org/10.5937/aaser2253009a>
5. Atak, M., Mavi, K., Uremis, I. (2016): Bio-herbicidal effects of oregano and rosemary essential oils on germination and seedling growth of bread wheat cultivars and weeds. *Romanian Biotechnological Letters*, 21:11149- 11159.
6. Аџић, С. (2014): Регулација експресије гена цветања применом вернализације код купуса (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.). Докторска дисертација, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет.
7. Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., Idaomar, M. (2008): Biological effects of essential oils – a review. *Food and Chemical Toxicology*, 46(2), 446–475. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106>

8. Barbieri, C., Borsotto, P. (2018). Essential oils: market and legislation. In: El-Shemy, H. A. Potential of Essential Oils, IntechOpen, 107 – 127.
9. Ben Kaab, S., Rebey, I. B., Hanafi, M., Berhal, C., Fauconnier, M. L., De Clerck, C., Ksouri, R., Jijakli, H. (2019): *Rosmarinus officinalis* essential oil as an effective antifungal and herbicidal agent. Spanish Journal of Agricultural Research, 17(2). <https://doi.org/10.5424/sjar/2019172-14043>
10. Borges, R. S., Ortiz, B. L. S., Pereira, A. C. M., Keita, H., Carvalho, J. C. T. (2019): *Rosmarinus officinalis* essential oil: A review of its phytochemistry, antiinflammatory activity, and mechanisms of action involved. Journal of Ethnopharmacology, 229, 29-45.
11. Бошковић, М. (2016): Испитивање uticaja odabranih etarskih ulja na rast *Salmonella* spp. u mesu svinja pakovanog u vakuum i modifikovanu atmosferu. Докторска дисертација, Универзитет у Београду, Факултет ветеринарске медицине.
12. Божић, Д. (2018): *Amaranthus retroflexus* L. – штир обични. Acta herbologica, Vol. 27, No. 1, 5-19.
13. Божић, Д., Врбничанин, С., Моравчевић, Ђ. (2017): Интегрална заштита паприке и парадајза од корова. Биљни лекар 45, 6.
14. Verdeguer, M., Sánchez-Moreiras, A. M., Araniti, F. (2020): Phytotoxic effects and mechanism of action of essential oils and terpenoids. *Plants*, 9(11), 1571. <https://doi.org/10.3390/plants9111571>
15. Видаковић Кнежевић, С. (2022): Утицај етарских уља на одабране патогене бактерије изоловане у процесу производње меса. Докторска дисертација, Универзитет у Београду, Факултет ветеринарске медицине.
16. Врбничанин, С., Карацић, Б., Дајић- Стевановић, З. (2004): Адвентивне и инвазивне коровске врсте на подручју Србије. Acta herbologica, 13 (1), 1-12.
17. Врбничанин, С., Шинжар, Б. (2003): Елементи хербологије са практикумом. Пољопривредни факултет и Завет, Београд.
18. Gar, K. A. (1963): Metodi ispitanija toksičnosti i efikasnosti insekticidov. Seljhoz, lit. Moskva.
19. Golijan Pantović, J., Sečanski, M., Gordanić, S., Šarčević Todosijević, Lj. (2023): Weed biological control with fungi-based bioherbicides. Acta Agriculturae Serbica, 28 (55), 23–37.

20. González-Minero F. J., Bravo-Díaz L., Ayala-Gómez A. (2020): *Rosmarinus officinalis* L. (Rosemary): An Ancient Plant with Uses in Personal Healthcare and Cosmetics. Journal: Cosmetics. 7, 4, 77, <https://doi.org/10.3390/cosmetics7040077>
21. Graña, E., Díaz-Tielas, C., Sánchez-Moreiras, M.A., Reigosa J. M. (2012): Mode of action of monoterpenes in plant-plant interactions. Journal: Current Bioactive Compounds. 8, 1. <https://dx.doi.org/10.2174/157340712799828214>
22. De Mastro, G., El Mahdi, J., Ruta, C. (2021): Bioherbicidal potential of the essential oils from Mediterranean *Lamiaceae* for weed control in organic farming. Plants, 10(4), 818. <https://doi.org/10.3390/plants10040818>
23. De Sousa, D.P., Damasceno, R.O.S., Amorati, R., Elshabrawy, H.A., de Castro, R.D., Bezerra, D.P., Nunes, V.R.V., Gomes, R.C., Lima, T.C. (2023): Essential Oils: Chemistry and Pharmacological Activities. Biomolecules. 18;13(7):1144. doi: 10.3390/biom13071144.
24. Dhifi, W., Bellili, S., Jazi, S., Bahloul, N., Mnif, W. (2016): Essential Oils' Chemical Characterization and Investigation of Some Biological Activities: A Critical Review. Medicines, 3, 25.
25. Ђорђевић, С., Марковић, Т., Врбничанин, С., Божић, Д. (2013): Утицај етарских уља на клијање коровске врсте *Ambrosia artemisiifolia* L. Лековите сировине, 33, 95-106.
26. Elghobashy, R. M., El-Darier, S. M., Atia, A. M., Zakaria, M. (2023): Allelopathic potential of aqueous extracts and essential oils of *Rosmarinus officinalis* L. and *Thymus vulgaris* L. Journal of Soil Science and Plant Nutrition. <https://doi.org/10.1007/s42729-023-01576-x>
27. Elyemni, M., El Ouadrhiri, F., Lahkimi, A., Elkamli, T., Bouia, A., Eloutassi, N. (2022): Chemical composition and antimicrobial activity of essential oil of wild and cultivated *Rosmarinus officinalis* from two Moroccan localities. Journal of Ecological Engineering, 23(3), 214–222. <https://doi.org/10.12911/22998993/145458>
28. Zahid, Z. H., Hoshain, S., Abuyusuf, M.D., Rahman, J.R., Rubel, M.H., Ahmed, R. (2024): Morphophysiological and biochemical characterization of the exotic cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) Varieties in Bangladesh. SABRAO Journal of Breeding and Genetics 56 (2) 591-603.

29. Zibaee, A. (2011): Botanical Insecticides and Their Effects on Insect Biochemistry and Immunity. In book: Pesticides in the Modern World-Pests Control and Pesticides Exposure and Toxicity Assessment, Chapter 4.
30. Zuzarte, M., Salgueiro, L. (2015): Essential oil chemistry in bioactive essential oil and cancer. de Sausa (Ed.), Springer International Publishing, Switzerland.
31. Zhigila, D. A., AbdulRahaman, A. A., Kolawole, O. S., Oladele, F. A. (2014): Fruit morphology as taxonomic features in five varieties of *Capsicum annuum* L. *Solanaceae*. Journal of Botany, 2014, 1–6. <https://doi.org/10.1155/2014/540868>
32. Ibáñez, M. D., Blázquez, M. A. (2020): Phytotoxic effects of commercial essential oils on selected vegetable crops: Cucumber and tomato. Sustainable Chemistry and Pharmacy, 15, 100209. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2019.100209>
33. Ihsan, M.Z., EL-Nakhlawy, F.S., Ismail, S.M. (2015): Water use efficiency growth and yield of wheat cultivated under competition with *Setaria*. Journal Planta Daninha. 33(4). DOI:10.1590/S0100-83582015000400006
34. Јевремовић, С. (2022): Утицај етарских уља и одабраних компонената мајчине душице, ружмарина и босиљка на пасуљев жижак *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae). Докторска дисертација, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет.
35. Kabir, A., Cacciagrano, F., Tartaglia, A., Lipsi, M., Ulusoy, H. I., Locatelli, M. (2020): Analysis of monoterpenes and monoterpenoids. Recent Advances in Natural Products Analysis, 274–286. doi:10.1016/b978-0-12-816455-6.00007-x
36. Lakusić, D., Ristić, M., Slavkovska, V., Lakusić, B. (2013): Seasonal variations in the composition of the essential oils of rosemary (*Rosmarinus officinalis*, Lamiaceae). Nat Prod Commun. 8(1):131-4.
37. Лаћарац, Н. (2021): Етарска уља и биљни екстракти у сузбијању фитопатогених бактерија и гљива. Биљни лекар, 49, 2, 178-187. doi: 10.5937/BiljLek2102178L.
38. Mandak, B., Zakravsky, P., Dostal, P., Плачкова, I. (2011): Population genetic structure of the noxious weed *Amaranthus retroflexus* in Central Europe. Flora, 206, 697–703.
39. Марковић, Т. (2011): Етарска уља и њихова безбедна примена. Институт за проучавање лековитог биља "Јосиф Панчић" Београд.

40. Maccioni, A., Santo, A., Falconieri, D., Piras, A., Farris, E., Maxia, A., Vacchetta, G. (2020): Phytotoxic effects of *Salvia rosmarinus* essential oil on *Acacia saligna* seedling growth. *Flora*, 269, 151639. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2020.151639>
41. Meena, M.I., Ram, R.B., Lata, R. Sharma, S. (2010): Determining yield components in cabbage (*Brassica oleracea var. capitata* L.) through correlation and path analysis. *I.J.S.N.* 1(1): 27-30.
42. Меселција, М., Миросављевић, С. (2013): Могућност примене етарских уља у сузбијању корова. XII Саветовање о заштити биља, Зборник резимеа радова, 123-124.
43. Меселција, М., Бабец, И., Дудић, М. (2017): Ефекти етарских уља каранфилића (*Syzygium aromaticum* L.) и цимета (*Cinnamomum zeylanicum* Blume) као потенцијалних биохербицида на *Datura stramonium* L. и *Stellaria media* (L.) Vill. *Acta herbologica*, 26, 1, pp. 59-68. doi: 10.5937/ActaHerb1701059M
44. Меселција, М., Дудић, М., Душанић, А., Петковић, М. (2019): Ефекти етарских уља рузмарина (*Rosmarinus officinalis* L.) и жалфије (*Salvia officinalis* L.) као потенцијалних биохербицида на *Chenopodium album* L. Зборник радова са XXIV Саветовања о биотехнологији са међународним учешћем, Чачак, 371-376.
45. Mishra, J., Tewari, S., Singh, S., Arora, N. K. (2014.): Biopesticides: Where We Stand? *Plant Microbes Symbiosis: Applied Facets*, 37–75.
46. Мустапић, Ј. и Чале, А. (2023): Регистрација биопестицида у Европској Унији. *Гласило биљне заштите*, 23, 5-6, 569-581.
47. Raveau, R., Fontaine, J., Lounès-Hadj Sahraoui, A. (2020): Essential oils as potential alternative biocontrol products against plant pathogens and weeds: A Review', *Foods*, 9(3), p. 365. doi:10.3390/foods9030365.
48. Равлић, М. и Баличевић, Р. (2014): Биолошка контрола корова биљним патогенима. *Пољопривреда*, 20, 1, 34-40.
49. Rashidi, S., Reza Yousefi, A., Goicoechea, N., Pouryousef, M., Moradi, P., Vitalini, S., Iriti, M. (2021): Allelopathic interactions between seeds of *Portulaca oleracea* L. and crop species. *Applied Sciences*, 11(8), 3539. <https://doi.org/10.3390/app11083539>
50. Raut, J. S., Karuppayil, S. M. (2014): A status review on the medicinal properties of essential oils. *Industrial Crops and Products*, 62, 250-264.



51. Regnault-Roger, C., Vincent, C., Arnason, J. T. (2012): Essential oils in insect control: low-risk products in a high-stakes world. *Annual review of entomology*, 57, 405-424.
52. Ribeiro-Santos, R., Andrade, M., de Melo, N. R., Sanches-Silva, A. (2017): Use of essential oils in active food packaging: recent advances and future trends. *Trends in Food Science & Technology*, 61, 132 – 140.
53. Singh, M., Kaul, A., Pandey, V., Bimbraw, A. S. (2019): Weed management in vegetable crops to reduce the yield losses. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8(07), 1241–1258. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.807.148>
54. Singh, J., A.K. Upadhyay, A. Bahadur, B. Singh, K.P. Singh, Rai, M. (2006): Antioxidant phytochemicals in cabbage (*Brassica oleracea L. var. capitata L.*). *Sci Hort.* 108: 233-237.
55. Srivastava, R., Srivastava, V., Singh, A. (2021): Multipurpose benefits of an underexplored species purslane (*Portulaca oleracea L.*): A critical review. *Environmental Management*, 72(2), 309–320. <https://doi.org/10.1007/s00267-021-01456-z>
56. Stenberg, J. A., Sundh, I., Becher, P. G., Björkman, C., Dubey, M., Egan, P. A., Friberg, H., Gil, J. F., Jensen, D. F., Jonsson, M., Karlsson, M., Khalil, S., Ninkovic, V., Rehmann, G., Vetukuri, R. R., Viketoft, M. (2021): Correction to: When is it biological control? A framework of definitions, mechanisms, and classifications. *Journal of Pest Science*. <https://doi.org/10.1007/s10340-021-01376-1>
57. Ştefan, I.M.A., Ona, A.D. (2020): Cabbage (*Brassica oleracea L.*) Overview of the health benefits and therapeutical uses. *Hop and Medicinal Plants*, Year XXVIII, No. 1-2,
58. Stojiljkovic, J., Trajchev, M., Nakov, D., Petrovska, M. (2018): Antibacterial activities of rosemary essential oils and their components against pathogenic bacteria. *Adv Cytol Pathol.* 2018;3(4):93-96.doi: 10.15406/acp.2018.03.00060
59. Табаковић, М., Драгичевић, В., Штрбановић, Р., Живковић, И., Бранков, М., Ракић, С., Оро, В. (2023): Примена алтернативних метода заштите усева у одрживој пољопривреди. Селекција и семенарство, XXIX, 1. doi: 10.5937/SelSem2301043T

60. Trivellini, A., Lucchesini, M., Maggini, R., Mosadegha, H., Villamarina, S. S. T., Vernieri, P., Mensuali-Sodi, A., Pardossi, A. (2016): *Lamiaceae* phenols as multifaceted compounds: bioactivity, industrial prospects and role of positive-stress. *Ind. Crop. Prod.*, 83, 241-254.
61. Tworokski, T. (2002): Herbicide effects of essential oils. *Weed Science*, 50, 425-431.
62. Hazrati, H., Saharkhiz, M.J., Niakousari, M., Moein, M. (2017): Natural herbicide activity of *Satureja hortensis* L. essential oil nanoemulsion on the seed germination and morphophysiological features of two important weed species. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 142: 423–430.
63. Hassannejad, S., Porheidar Ghafarbi, S. (2013). Allelopathic effects of some *Lamiaceae* on seed germination and seedling growth of dodder (*Cuscuta campestris* Yunck.). *International Journal of Biosciences (IJB)*, 3(3),9-14.
64. Heap, I. The International Herbicide-Resistant Weed Database. Online. Monday, May 20, 2024 . Dostupno na: [www.weedscience.org](http://www.weedscience.org)
65. Hsieh, W.H., Chen, Y.C., Liao, H.C., Lin, Y.R., Chen, C.H. (2021): High Differentiation among Populations of Green Foxtail, *Setaria viridis*, in Taiwan and Adjacent Islands Revealed by Microsatellite Markers. *Diversity*, 13, 159. <https://doi.org/10.3390/d13040159>
66. Hussain, A.I., Anwar, F., Hussain, Sherazi, S.T., Przybylski, R. (2008): Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of basil (*Ocimum basilicum*) essential oils depends on seasonal variations. *Food Chem.* 108(3):986-95. doi: 10.1016/j.foodchem.2007.12.010. Epub 2007
67. Cathcart, R. J., Swanton, C. J. (2003): Nitrogen management will influence threshold values of green foxtail (*Setaria viridis*) in corn. *Weed Science*, 51(6), 975–986. <https://doi.org/10.1614/p2002-145>.
68. Costea, M., Weaver, S. E., Tardif, F. J. (2004): The biology of Canadian weeds. 130. *Amaranthus retroflexus* L., *A. powellii* S. Watson and *A. hybridus* L. *Canadian Journal of Plant Science*, 84, 631–668.
69. Chen, L., Su, J., Li, L., Li, B., Li, W. (2011): A new source of natural D-borneol and its characteristic. *Journal of Medicinal Plants Research. Journal of Medicinal Plants Research Vol. 5(15)*, pp. 3440-3447

70. Шпировић Трифуновић, Б., Тојић, Т. (2022): Методе екстракције и идентификације етарских уља и њихов биохербицидни потенцијал. *Acta herbologica*, 31,1, 5-26.
71. Шћепановић, М., Шоштарчић, В., Писмаровић, Ј. (2023): Алелокемикалије покривних култура – потенцијални биохербициди. *Гласило биљне заштите*, 23, 4, 444-450.
72. Wang, H., Lin, W., Zhang, D., Yang, R., Zhou, W., Qi, Z. (2022): Phytotoxicity of Chemical Compounds from *Cinnamomum camphora* Pruning Waste in Germination and Plant Cultivation. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 19(18): 11617.
73. Yu, H., Tian, C., Shen, R., Zhao, H., Yang, J., Dong, J., Zhang, L., Ma, S. (2023). Herbicidal activity and biochemical characteristics of the botanical drupacine against *Amaranthus Retroflexus* L. *Journal of Integrative Agriculture*, 22(5), 1434–1444. <https://doi.org/10.1016/j.jia.2022.08.120>