

Utjecaj pojedinih organskih kiselina na supresiju korijenovih izdanaka lijeske (*C.avellana* L.)

Gusak, Ivan

Master's thesis / Diplomski rad

2024

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

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:550031>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-10**



Sveučilište Josipa Jurja
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet
agrobiotehničkih
znanosti Osijek**

Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK**

Ivan Gusak

Sveučilišni diplomski studij Voćarstvo, vinogradarstvo i vinarstvo

Smjer Voćarstvo

**UTJECAJ POJEDINIH ORGANSKIH KISELINA NA SUPRESIJU
KORIJENOVIH IZDANAKA LIJESKE (*C. avellana* L.)**

Diplomski rad

Osijek, 2024.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Ivan Gusak

Sveučilišni diplomski studij Voćarstvo, vinogradarstvo i vinarstvo

Smjer Voćarstvo

**UTJECAJ POJEDINIH ORGANSKIH KISELINA NA SUPRESIJU
KORIJENOVIH IZDANAKA LIJESKE (*C. avellana* L.)**

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. prof. dr. sc. Aleksandar Stanisavljević, predsjednik
2. dr. sc. Dejan Bošnjak, mentor
3. izv. prof. dr. sc. Monika Marković, član

Osijek, 2024

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. PREGLED LITERATURE	3
2.1. Lijeska (<i>Corylus avellana</i> L.) – porijeklo i proizvodnja.....	3
2.2. Problematika korijenovih izdanaka u proizvodnim nasadima lijeske.....	4
2.3. Metode suzbijanja korijenovih izdanaka.....	7
2.3.1. <i>Ručna kontrola korijenovih izdanaka lijeske</i>	8
2.3.2. <i>Mehanička kontrola korijenovih izdanaka lijeske</i>	9
2.3.3. <i>Fizikalna kontrola korijenovih izdanaka lijeske</i>	9
2.3.4. <i>Kemijska kontrola korijenovih izdanaka lijeske</i>	12
2.3.5. <i>Ostale metode u kontroli korijenovih izdanaka lijeske</i>	16
2.4. Organski herbicidi.....	18
2.4.1. <i>Vrste organskih herbicida</i>	18
2.5. Nove i netradicionalne metode kontrole.....	21
2.5.1. <i>Projekt PANTHEON</i>	21
2.5.2. <i>Pelargonska kiselina</i>	22
3. MATERIJALI I METODE	23
3.1. Cilj i lokalitet u istraživanju.....	23
3.2. Postavljanje pokusa i tretmani u istraživanju.....	24
3.2.1. <i>Mravlja kiselina</i>	26
3.2.2. <i>Oksalna kiselina</i>	26
3.2.3. <i>Solna kiselina</i>	27
3.2.4. <i>Octena kiselina</i>	27

3.2.5. <i>Vinska kiselina</i>	28
3.2.6. <i>Natrijev hipoklorit (NaOCl)</i>	28
3.2.7. <i>Okvašivač</i>	29
3.3. Mjerenja u istraživanju.....	29
4. REZULTATI	30
4.1. Rezultati učinkovitosti primijenjenih tretmana – intenzitet sušenja, regeneracija i retrovegetacija korijenovih izdanaka lijeske.....	30
5. RASPRAVA	45
6. ZAKLJUČAK	54
7. POPIS LITERATURE	57
8. SAŽETAK	63
9. SUMMARY	64
10. POPIS TABLICA	65
11. POPIS SLIKA	66
12. POPIS GRAFIKONA	68
TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA	
BASIC DOCUMENTATION CARD	

1. UVOD

Uzgoj lijeske u Hrvatskoj posljednjih godina doživljava rast, no proizvodnja se i dalje suočava s brojnim izazovima. Prema najnovijim podacima (APPRRR, 2023.), površine pod lijeskom u Hrvatskoj iznose oko 7.933 hektara s godišnjom proizvodnjom od oko 2.500 tona. Većina ovih nasada lijeske je relativno mlada, odnosno do desetak godina starosti.

Trenutni podaci ukazuju da je ukupna površina pod voćnjacima u Hrvatskoj oko 40.000 hektara, a najveći dio površina zauzimaju upravo orašaste kulture, odnosno lijeska i orah. Površine pod lijeskom i orahom su se značajno povećale te se približavaju površinama pod maslinama i vinogradima, koji su tradicionalno važni za Hrvatsku. Međutim, postoji i niz izazova koji prate ove orašaste kulture, kao što su nedostatak infrastrukture, osjetljivost na klimatske promjene, te činjenica da veliki dio novopodignutih nasada možda nikada neće ući u punu proizvodnju zbog nedostatka stručne pripreme i nepravilnog planiranja.

Trenutno, strategija voćarstva u Hrvatskoj ne stavlja ove kulture u fokus na način na koji to čine s maslinama, vinogradima ili mandarinama, koje su ključne za određene regije i ekonomsku stabilnost. Iako se lijeska i orah mogu smatrati važnim kulturama s potencijalom za daljnji razvoj, još uvijek nisu dostigle status strateških kultura na nacionalnoj razini.

Sam uzgoj lijeske suočava se s izazovima poput klimatskih promjena, a koje utječu na stabilnost prinosa. Posebno su problematične oscilacije u temperaturi tijekom zime i ranog proljeća koje negativno utječu na cvatnju i oplodnju. Uz to potrebna je dodatna infrastruktura, poput sustava za navodnjavanje čija je primjena u Hrvatskoj još uvijek na niskoj razini.

Uklanjanje, odnosno kontrola korijenovih izdanaka lijeske predstavlja važnu agrrotehničku mjeru koja je ključna za održavanje zdravlja, uzgojnog oblika i same produktivnosti intenzivnog nasada. Korijeni izdanci često rastu iz korijena ili iz baze glavnog debla, crpe hraniva i vodu te opterećuju stablo, što ujedno dovodi do smanjenje prinosa i otežanog održavanja proizvodnog nasada.

Uklanjanje izdanaka u Hrvatskoj u konvencionalnom modelu proizvodnje najčešće se provodi mehanički (škare, motorni ili traktorski strojevi, trimeri, pile i sl.) ili kemijskim sredstvima koja inhibiraju rast neželjenih izdanaka. Redovitost ovog postupka ovisi o intenzitetu rasta izdanaka, ali se najčešće provodi u proljeće i tijekom vegetacijske sezone.

U ekološkom modelu poljoprivredne proizvodnje u Hrvatskoj, upotreba herbicida je strogo regulirana i dozvoljena je samo za određene tvari koje su prihvaćene prema pravilima ekološke poljoprivrede. Uglavnom su to prirodni spojevi i tvari koje imaju minimalan utjecaj na okoliš. Neki od dozvoljenih herbicida uključuju primjenu pelargonske kiseline, octa (octene kiseline) te herbicida na bazi prirodnih ulja (npr. ulje citrusa). Važno je napomenuti da se u ekološkoj proizvodnji preferiraju metode kao što su mehaničko uklanjanje korova, malčiranje i rotacija usjeva kako bi se minimalizirala potreba za korištenjem čak i dozvoljenih herbicida. Upotreba sintetičkih herbicida, poput glifosata, nije dozvoljena u ekološkom modelu proizvodnje.

Cilj ovog diplomskog rada usmjeren je na ispitivanje utjecaja pojedinih organskih kiselina na supresiju korijenovih izdanaka lijeske (*C. avellana* L.). U pregledu literature iznesena su najnovija svjetska saznanja ali i praksa u kontroli korijenovih izdanaka lijeske. Kroz poglavlje materijali i metode detaljno je opisano postavljanje pokusa, istraživani tretmani te provođenje i dinamika mjerenja promatranih parametara. Putem rezultata i rasprave na kraju diplomskog rada doneseni su zaključci o mogućnosti i uspješnosti primijenjenih tretmana u kontroli i supresiji korijenovih izdanaka lijeske s naglaskom na buduća istraživanja.

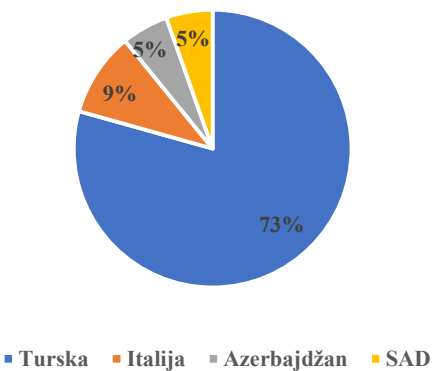
2. PREGLED LITERATURE

2.1. Lijeska (*Corylus avellana* L.) – porijeklo i proizvodnja

Lijeska je drvo ili veliki grm iz roda *Corylus* iz obitelji *Betulaceae* porijeklom iz sjevernog umjerenog pojasa; poznata je i kao lijeska ili europski lješnjak. Prehrana obogaćena lješnjacima povezana je sa smanjenjem koronarne bolesti srca, poboljšanim profilom kolesterola i zdravstvenim prednostima koje promiču njegovu konzumaciju (Mercanligil i sur., 2007.). Globalna proizvodnja lješnjaka iznosila je 1195 milijuna kg u 2022., a vodeće zemlje proizvođači uključuju Tursku (73 %), Italiju (9 %), Azerbajdžan (5 %) i Sjedinjene Države (5 %) (FAO, 2022.). U Turskoj se lješnjak proizvodi na 744.000 ha i osigurava prihod za oko 500.000 obitelji. Lješnjaci su tradicionalna kultura u Turskoj, gdje se u voćnjacima uglavnom uzgajaju kao grmovi s više stabljika uz obronke planina, a usjev se bere, odnosno sakuplja ručno (Kaya-Altıp i sur., 2016.). Prosječni prinos u Turskoj bio je 900 kg/ha lješnjaka u ljusci tijekom 2022. godine (FAO, 2022.).

Europska lijeska (*Corylus avellana* L.) jedna je od najvažnijih vrsta među orašastim plodovima (Serdar i Akyuz, 2017.), a stalno rastuća potražnja za lješnjacima od strane konditorske industrije na globalnoj razini dovela je do kontinuiranog širenja površina pod ovom kulturom posljednjih godina, kako u povijesno pogodnim područjima (Turska, Italija, Španjolska, Gruzija i SAD), tako i u novim zemljama kao što su Australija, Južna Afrika i Čile (Silvestri i sur., 2021.; Pacchiarelli i sur., 2022.).

Najveći svjetski proizvođači lješnjaka u ljusci



Grafikon 1. Najveći svjetski proizvođači lješnjaka u ljusci (Izvor: FAOSTAT, 2022.)

U Republici Hrvatskoj se interes za uzgoj lijeske pojavio 2000-ih godina kada su se pojavile poticajne mjere za podizanje nasada lijeske. Proizvodnja lijeske se smanjila nakon ukidanja državnih poticaja sve do ulaska RH u Europsku uniju koja je omogućavala sredstva za poljoprivrednike koje su mogli koristiti iz fondova. Od 2008. godine se bilježi kontinuirani porast površina pod lijeskom, te se taj porast bilježi sve do danas. Tablica 1. iznosi podatke o broju hektara pod lijeskom u razdoblju od 2012. do 2022. godine.

Tablica 1: Površine pod lijeskom u RH - razdoblje 2012. do 2022. godine (Izvor: Eurostat 2022.)

Godina	Površina (ha)
2012	2776
2013	2646
2014	2888
2015	3015
2016	3304
2017	3840
2018	4810
2019	5530
2020	6540
2021	6710
2022	8230

2.2. Problematika korijenovih izdanaka u proizvodnim nasadima lijeske

Tijekom svoga rasta lijeska predstavlja veliki izazov po pitanju izbora mehanizacije. Ljeska proizvodi korijenove izdanke, koji potječu iz donjeg dijela debla i korijena. Ukoliko se isti ne suzbijaju, lijeska izrasta u grm s više primarnog debla (Slika 1.). U Oregonu se izdanci lijeske uklanjaju kako bi se prospješio razvoj jednog debla i olakšala mehanizirana berba (Mehlenbacher i Smith, 1992.). Korijenovi izdanci također utječu na izbor mehanizaciju te same proizvodne prakse i u drugim kulturama. U vinogradima, izdanci mogu negativno

utjecati na postupke kao što su obrada tla, prskanje herbicidima, berba, suzbijanje štetočina i kontrola bolesti (Kang i sur., 2012.).



Slika 1. Proizvodni grm lijeske sa kontrolom izdanaka (a) i bez kontrole (b) (preuzeto iz Bayram i Arslan, 2023.)

Mnogobrojni izdanci mogu oslabiti rast grana trošeći hranjive tvari (Tous i sur., 1992.). Izdanci lijeske smanjuju rast primarnog debla, produljuju mladenački stadiji i smanjuju prinos lješnjaka (Mehlenbacher i Smith, 1992.); biljke s većim brojem primarnog debla mogu pogodovati razvoju bolesti uslijed smanjenja protoka zraka unutar krošnje (Tomasone i sur., 2008.). Korijenovi izdanci mogu poslužiti kao mogući izvor Filbertove paleži lješnjaka (Murray i Jepson, 2018.). Izdanci uzrokuju slične probleme i kod drugih kultura kao što su vinova loza i duhan. Kod vinove loze, izdanci povećavaju količinu lišća po biljci, što može dovesti do značajne zaraze patogenima i uzrokovati neravnotežu u omjeru ploda i izdanka (Dolci i sur., 2004.). Kod duhana izdanci mogu smanjiti rast korijena i unos hranjivih tvari (Weeks i Selmann, 1986.).

Suzbijanje izdanaka lijeske predstavlja zahtjevan posao (Serdar i Akyuz, 2017.). Pojava izdanaka i snaga uvelike ovise o kultivaru (Tomasone i sur., 2010.). Rast izdanaka počinje u proljeće (travanj) i nastavlja se sve do kasnog ljeta (rujan), zahtijevajući kontinuirano uklanjanje tijekom cijele vegetacijske sezone. Na lijesci je ispitivano nekoliko metoda

kontrole izdanaka, kao što su uklanjanje pupoljaka s donjeg dijela debla, ručno uklanjanje, termička kontrola i kemijska kontrola (Dolci i sur., 2000.; Smith i Erdođan 2000.; Tomasone i sur., 2010.).

Glavne aktivnosti u proizvodnom nasadu lijeske su: rezidba, kontrola korijenovih izdanaka, gnojidba, navodnjavanje i suzbijanje štetnika i bolesti. Među tim aktivnostima, kontrola korijenovih izdanaka zahtijeva najviše radne snage, odnosno 42 % ukupno potrebne radne snage (Tous i sur., 1992.; İİlkyaz, 1986.; Kılıç i Demir, 2004.). Ljeska u obliku grma daje mnogo izdanaka koji se natječu s glavnim granama za vodu i hranjive tvari. Također, izdanci smanjuju protok zraka kroz krošnju, što može povećati problem s bolestima. Ovi nepovoljni učinci korijenovih izdanaka dovode do značajnog pada prinosa (Mehlenbacher i Smith, 1992.; Tous i sur., 1994.; Serdar i Akyuz, 2017.).

Kontinuirano stvaranje novih zeljastih izdanaka pri dnu stabla ili panja tijekom vegetacije posljedica je njezinog tipičnog grmolikog prirodnog rasta i razvoja (Rovira i sur., 2012.). Danas je sustav uzgoja lijeske u obliku grma vrlo raširen, a posebice u mediteranskim dijelovima i Turskoj (Silvestri i sur., 2021.).

Europska lijeska je vrsta s velikom sposobnošću stvaranja korijenovih izdanaka, a broj izdanaka varira među kultivarima (Cristofori i sur., 2018.). Kultivari su čak i klasificirani prema sposobnosti njihove produkcije (Koksal i sur., 2008.; Cristofori i sur., 2014.). Međutim, sposobnost stvaranja korijenovih izdanaka nije isključivo određena genotipom; na njega mogu utjecati i dodatni čimbenici, kao što su uzgojni oblik, raspored sadnje, sezonski vremenski uvjeti i alternativna rodnost. U prošlosti se rast izdanaka smatrao ekonomski vrijednim jer je bio funkcionalan za postupnu obnovu voćnjaka i omogućavao je korištenje samoukorijenjenih biljaka s vlastitih farmi za sadnju novih nasada lijeske.

Ljeska koja se uzgaja kao grm s većim brojem debla ima preventivnu ulogu protiv pojave erozije tla (Serdar i Akyuz, 2017.). Unatoč tim prednostima, u nasadima nove generacije s visokom razinom mehanizacije, prisutnost izdanaka je neželjena iz nekoliko razloga: kompetencija s glavnim deblom za hranjive tvari i vodu (Tous i sur., 1992.), uzrokuju smanjenje rasta stabla, produžuju mladenački juvenilni stadiji, te u konačnici dovode do smanjenja prinosa (Mehlenbacher i Smith, 1992.). Korijenovi izdanci mogu smanjiti ventilacijski kapacitet biljke, potičući uvjete okoline pogodne za razvoj bolesti (Tomasone i sur., 2008.), te mogu ometati upravljanje voćnjakom (rezidbu, berbu, itd.). Iz tih razloga, od druge godine nakon sadnje, uklanjanje izdanaka je neophodna praksa. Tijekom mladenačkog

stadija biljaka, izdanci se uklanjaju ručno, pri čemu se posebno pazi da se uklone samo oni koji su višak i koji imaju loš rast i orijentaciju, a čime se potiče razvoj budućeg grma ostavljajući 4 - 5 snažnih i dobro usmjerenih izdanaka da se razviju.

Od četvrte godine, strategija suzbijanja može se provoditi ručno ili mehanički, iako su dugotrajnost i visoki troškovi ove operacije (Kilic i sur., 2009.; Serdar i sur., 2022.) popraćeni i nedostatkom kvalificirane radne snage. Kemijsko suzbijanje izdanaka korištenjem odobrenih herbicida najraširenija je praksa (Serdar i Akyuz, 2017.). Kemijsko suzbijanje korijenovih izdanaka može se provoditi tijekom stadija zrelosti biljaka, a obično je potrebno barem nekoliko aplikacija tijekom vegetacijske sezone uslijed ponovnog rasta izdanaka ili lignifikacije (Tomasone i sur., 2008.).

2.3. Metode suzbijanja korijenovih izdanaka

U Italiji, uklanjanje korijenovih izdanaka postala je neophodna praksa u intenzivnom uzgoju lijeske (*Corylus avellana* L.). Sposobnost produkcije izdanaka ovisi o kultivaru, rangirajući ih u one s jakim do onih sa slabijom produkcijom izdanaka. Snažan je i utjecaj propagacije (razmnožavanja), odnosno biljke uzgojene iz korijenovih izdanaka svake godine proizvode značajnu količinu korijenovih izdanaka. Formiranje uzgojnog oblika ima slabiji utjecaj na intenzitet korijenovih izdanaka, nema razlike između uzgojnih oblika vaze i grma (Radicati i sur., 1992.). Klonskom selekcijom stvoreno je nekoliko klonova kultivara "Tonda Gentile Romana" koji se karakteriziraju ograničenim stvaranjem korijenovih izdanaka (Monastra i sur., 1996.). Tijekom godišnjeg ciklusa većina korijenovih izdanaka raste pri dnu debla, što predstavlja veliki problem za prinos i upravljanje nasadom. Izdanci negativno utječu i na fiziologiju biljke, rezultirajući vegetativnim rastom koji ne donosi plodove. Koristeći grm kao uzgojni oblik, korijeni izdanci se mogu koristiti kao zamjena starim granama. Kruna izdanaka koja se formira oko debla stvara probleme prilikom izvođenja radova i na sam rad mehanizacije. Uklanjanje korijenovih izdanaka je neophodno svake godine, te je iste potrebno uklanjati više puta tijekom vegetacije. Troškovi povezani sa uklanjanjem izdanaka su visoki posebno ako se uklanjanje vrši ručnim metodama. Izvođenje radova, upravljanje mehanizacijom i berba plodova je mnogo lakša prilikom odabira uzgojnog oblika sa jednim deblom u usporedbi sa grmom. Za suzbijanje i kontrolu korijenovih izdanaka koriste se različite metode: mehaničke, kemijske, biološke, fizičke i ručno uklanjanje. Svaka od tih metoda se može izvoditi ručno ili pomoću mehanizacije.

2.3.1. Ručna kontrola korijenovih izdanaka lijeske

U tradicionalnim područjima uzgoja lijeske, poput Italije i Turske, ručna kontrola korijenovih izdanaka i dalje se često koristi. Ova tehnika zahtijeva značajnu radnu snagu, što može činiti i do jedne petine godišnjih troškova upravljanja nasadom (Mehlenbacher i Smith, 1992.; Serdar i sur., 2022.). Ručno uklanjanje izdanaka provodi se pomoću alata kao što su škare i motike, a smatra se vrlo prikladnim za mala gospodarstva. Prednost ove metode je u tome što je dovoljno provesti je jednom godišnje, pri čemu se istovremeno može vršiti selekcija izdanaka za obnovu rodnih grana.

Ručno uklanjanje izdanaka zahtijeva puno radnih sati. Taj posao je zahtjevan i težak za radnike, a izvodi se upotrebom alata za rezidbu (škare, sjekire, motike, itd.). Prednost ove metode je taj što je dovoljno jednom proći kroz nasad tijekom godine, a također se istovremeno vrši i selekcija izdanaka za obnovu rodnih grana. Ručno uklanjanje korijenovih izdanaka ima negativan utjecaj na prihod uslijed visoke cijene rada.

Ručno suzbijanje korijenovih izdanaka uz pomoć alata je ekološki najprihvatljivija metoda. Ova metoda je prikladna za sustav grma u kojima debla stare i trebaju se zamijeniti. Ako proizvođač ostavi najbolji izdanak, on može rasti i zamijeniti staro deblo, pomlađujući tako grm. Međutim, ova metoda zahtijeva mnogo radne snage i vremena. U Turskoj se radnici plaćaju po danu ili po stablu. Zbog toga je ručno uklanjanje skuplje od ostalih metoda, a radnici bi trebali imati iskustva kako bi odabrali izdanak koji će zadržati. Također, teško je pronaći radnike za ovaj posao. S druge strane, trimeri su prikladni za stabla s jednim deblom, ali radnici moraju paziti da ne ozlijedi glavno deblo ili koristiti uređaje s zaštitom od oštećenja debla. U Turskoj je većina nasada lijeske na padinama, što otežava prelazak na sustav s jednim deblom.

Ova praksa se obično provodi jednom godišnje, u vrijeme kada su izdanci usporili svoju stopu rasta. Glavne prednosti vezane uz ručno suzbijanje izdanaka uključuju status ekološke metode i poticanje postupnog pomlađivanja starih grana u nasadima sa uzgojnim oblikom grma (Serdar, 2017.). Nasuprot tome, glavni nedostaci vezani uz ovu tehniku, uz već spomenute je otvaranje rana na stablima koje mogu pogodovati prodoru patogena, ručno uklanjanje izdanaka je ergonomski opasan i naporan posao budući da ponavljajući pokreti rezidbe i dugotrajno savijeni položaj tijela može prouzročiti ozljede na radu (Meyers i sur., 2000.). Ručno uklanjanje izdanaka tijekom zime standardna je praksa u Turskoj, Italiji, Španjolskoj i Sjedinjenim Državama, a zahtijeva 12 do 15 sati rada po hektaru (Franco i

Pancino, 2008.). Kada se izdanci ostave nekontrolirani tijekom vegetacijske sezone, narastu veliki i zahtijevaju dodatni napor i stres u rukama i zapešćima osoblja za orezivanje.

2.3.2. Mehanička kontrola korijenovih izdanaka lijeske

Suzbijanje korijenovih izdanaka u ekološkom uzgoju lješnjaka, osim ručnom kontrolom, može se postići i mehaničkim pristupima. Ova se praksa može primijeniti i na stabla s jednim deblom i na stablima u obliku grma, pazeći da se tijekom operacija uklanjanja izbjegnu oštećenja na glavnim granama.

Mehanička kontrola korijenovih izdanaka predstavlja bržu alternativu ručnoj kontroli, a može se provoditi tijekom cijele godine. Ova metoda koristi različite alate, od ručnih trimera do traktorskih priključaka, no za razliku od ručne metode, ne dopušta selektivno uklanjanje izdanaka, već uklanja sve izdanke, što može dovesti do oštećenja glavnog debla.

Mehanička kontrola trimerima je učinkovita u smanjenju potrebe za radnom snagom i troškovima, ali također zahtijeva oprez kako bi se izbjegla oštećenja na glavnim granama. U tu svrhu razvijen je i dodatni pribor za zaštitu glavnih grana. Beyhan, 1996. navodi da upotreba trimera smanjuje potrebu za radnom snagom za 54,5 % i troškove za 17,2 %.

Ukoliko se ova vrsta kontrole provodi strojno tada se koriste kosilice s bočnim rotirajućim rezačem na poluzi s okretnom rukom ili stroj za uklanjanje izdanaka u voćnjacima i vinogradima opremljenog vodoravno rotirajućim bubanjem s četkom od najlonskih niti (Tomasone i sur., 2010.). Mehanička kontrola brza je intervencijska metoda koja se može sezonski višestruko ponoviti na izdancima u zeljastoj fazi. Kada se primjenjuje na stablima u uzgojnom obliku grma, ne dopušta uklanjanje svih izdanaka, a posebno onih u unutarnjem dijelu grma (Tomasone i sur., 2010.). Štoviše, mehaničko suzbijanje se može koristiti kao dopuna kemijskom suzbijanju ukoliko nisu svi izdanci izloženi fitotoksičnom djelovanju herbicida za kontrolu korijenovih izdanaka (Serdar i sur., 2022.).

2.3.3. Fizikalna kontrola korijenovih izdanaka lijeske

Korištenje fizikalnih metoda obično uključuje dvije termičke kontrole: upotreba vodene pare i suzbijanje izdanaka plamenom (Colorio i sur., 2006.). Korijenovi izdanci se tretiraju kratkim izlaganjem visokim temperaturama. Oba načina uzrokuju opekline tkiva i za nekoliko dana tretirana vegetacija će uvenuti i odumrijeti (Storeheier, 1993.).

Plamenom spaljujemo izdanke, a para ih ubija visokom temperaturom. Plamen se primjenjuje na kratko vrijeme, ali dovoljno da ih suzbije u fazi kada su izdanci osjetljivi. Postoje dvije različite metode spaljivanja izdanaka: pomoću traktorskog priključka i ručno nošenog plamenika. Aplikacijom plamena koristi se malo plina i štedi vrijeme. Parni strojevi izbacuju paru (otprilike 300 °C na izdanke 30 - 60 sek.). Parni stroj je skuplji od stroja s plamenom te koristi više goriva i vode (Tomasone i sur., 2008.). I plamen i para posebno se koriste u ekološkom modelu uzgoja. Međutim, ovi strojevi su veliki i skupi, trebaju iskusne radnike, ne dopuštaju pomlađivanje grma i mogu oštetiti glavne grane, a mogu se koristiti samo na ravnim područjima.

Fizikalne metode upravljanja izdancima su također ekološki prihvatljive, vrlo učinkovite i štede vrijeme, ali mogu oštetiti glavno deblo. Također, nije pogodno za sustav grmova u voćnjacima na padinama. Budući da su strojevi skupi, malo ih si proizvođača može priuštiti. No, mogu ih kupiti zadruge.

Zajedno s ručnom i mehaničkom kontrolom, fizikalna kontrola je još jedna agronomska praksa korisna kod uklanjanja izdanaka, posebno na ekološkim gospodarstvima. Ove tehnike su opsežno proučavane u Italiji (Tomasone i sur., 2008.; Tomasone i sur., 2010.), s ciljem usporedbe oba tretmana i utvrđivanja njihove učinkovitosti, ekonomske izvedivosti i potencijalne štete na glavnim granama ili panjevima stabala. Primjena ovih metoda sastoji se od kratkotrajnog izlaganja intenzivnoj toplini koja se raspršuje izravno na zeljaste izdanke, uzrokujući njihovo venučće nekoliko dana nakon aplikacije (Storeheier, 1993.).

Ova metoda suzbijanja može se provoditi na izdancima u zeljastom i lignificiranom stanju. Ako se primijeni rano (u zeljastoj fazi), potrebna su barem dva do tri zahvata tijekom vegetacije zbog brzog ponovnog rasta novih izdanaka nakon tretiranja (retrovegetacije). S druge strane, ako se tretman provodi na lignificiranim (odrvjenjelim) izdancima, bit će potrebno dodatno ručno uklanjanje uvenutih izdanaka. Nadalje, ova se praksa smatra vrlo atraktivnom jer je ekološki prihvatljiva. Tomasone i sur., (2008.) utvrdili su kako su obje metode dovoljno učinkovite u suzbijanju korijenovih izdanaka bez oštećenja biljaka. Unatoč učinkovitosti obje metode, metoda tretiranja vodenom parom je kompliciranija zbog vrlo niske radne brzine, velike količine potrebne vode i goriva te vrlo skupe opreme.

Nasuprot tome, tretiranje plamenom je lakše, jer su i troškovi opreme i potrošnja goriva po godini i hektaru prilično niski. Nadalje, pri korištenju plamena preporuča se izvođenje operacije u proljeće u rano jutro, kada je trava još zelena, kako bi se izbjegli potencijalni

Tablica 2. Rezultati istraživanja učinkovitosti termičkog tretiranja (preuzeto i prilagođeno iz Tomasone i sur., 2010.)

GODINA	TRETMAN 1.		TRETMAN 2.
	30 sek.	60 sek.	6 sek.
2007	Visoka učinkovitost	Visoka učinkovitost	Srednja učinkovitost
2008	Visoka učinkovitost	Visoka učinkovitost	Srednja učinkovitost

2.3.4. Kemijska kontrola korijenovih izdanaka lijeske

Prva istraživanja o mogućnosti kemijskog suzbijanja korijenovih izdanaka lijeske provedena su 1960. godine u Italiji i SAD-u. Ispitane je učinak sljedećih aktivnih tvari: klortiamid, aminotriazol, bromacil, diklobenil, krenite, parakvat, dinoseb, dikvat, cipromid, kakodilik, 2,4,5-T, dikambu i pikloram (Paglietta, 1968.; Reich i Lagerstedt, 1971.; Geraci i Baratta, 1973.; Germain, 1973.; Alberghina, 1979.; Limongelli, 1983.; Rapparini, 1986.). Glufosinat-amonij, NAA esteri i 2,4-D također su testirani u Italiji (Dolci i sur., 2000.). Control of sucker growth in hazelnut with esters of 1-naphthylacetic acid. In V International Congress on Hazelnut 556 (pp. 431-436). Sve ove navedene aktivne tvari također se koriste za suzbijanje korova. Beyhan i sur. (1996.) su testirali djelovanje različitih doza 2,4-D i parakvata na izdanke lješnjaka. U pokusima je ispitano 1000, 1500 i 2000 ppm 2,4-D te 500, 1000 i 1500 ppm parakvata. Dolci i sur. (2000.) istraživali su učinke pet sintetskih estera proizvedenih iz NAA (metil, etil, n-propil, n-butyl, n-pentil) na izdanke lješnjaka. Nije bilo razlike između koncentracija estera od 0,5 i 1%. Do 30 dana nakon primjene, svi esteri potpuno su isušili korijenove izdanke čak i pri niskoj dozi (0,5%). Ovi spojevi nisu imali niti fitotoksični učinak niti učinak na prinos ili kvalitetu (Dolci i sur., 2000. i 2004.). U Hrvatskoj prvo istraživanje o utjecaju herbicidnih priprava na suzbijanje i supresiju korijenovih izdanaka lijeske iznosi Bošnjak, 2013. Autor navodi visoku učinkovitost aktivnih tvari: glufosinat, dikvat, parakvat, flumioksazin, glifosat u kombinaciji s ureom i fitoregulatora na bazi naftil-1-ocetene kiseline (NAA). Većina ovih aktivnih tvari ulaskom Hrvatske u Europsku uniju stavljena je na listu zabranjenih sredstava zbog njihove toksičnosti i negativnog utjecaja na zdravlje ljudi i okoliš. Ova zabrana je dio šire strategije EU koja teži smanjenju korištenja kemijskih pesticida i prelasku na sigurnije alternative, posebno u kontekstu održive i ekološke poljoprivrede.

Paraquat i dikvat je u nekim zemljama čak bio preporučan za suzbijanje izdanaka lijeske, ali je u siječnju 2015. skinut s liste dopuštenih herbicida zbog štetnog djelovanja na neke ptice i korisne kukce (komercijalni naziv u RH – Reglon forte, Gramoxone). Kemijsko suzbijanje korijenovih izdanaka puno je brže od ostalih metoda, štedi vrijeme i novac te je najpopularnija metoda u konvencionalnoj proizvodnji lješnjaka (Serdar i Akyuz, 2017.). Međutim, za sobom ostavlja kemijske rezidue. Budući da herbicidi ubijaju svaku biljku u području primjene, njihova uporaba može dovesti do erozije tla u nasadima na strminama (Tomasone i sur., 2008.).

Neki proizvođači preferiraju kemijsku kontrolu korijenovih izdanaka jer je brza i učinkovita. Međutim, uporaba kemikalija nije ekološki prihvatljiva, a estere je teško pronaći. Glufosinat amonij (komercijalno RH - Basta 15) zabranjen je za korištenje u EU, a time i u RH. Za suzbijanje izdanaka lijeske u nekim zemljama ali i u RH zamijenjen je drugim kemikalijama kao što su karfentrazon-etil i piraflufen etil (komercijalni naziv u RH – Mizuki) (Tablica 3.).

Tablica 3: Herbicidi za suzbijanje korijenovih izdanaka lijeske odobreni u Europi i SAD-u s analizom trenutne ponude tržišta u RH 2024. (preuzeto i prilagođeno iz Pacchiarelli i sur., 2022.)

AKTIVNA TVAR	TRGOVAČKI NAZIV	ODOBRENA AKTIVNA TVAR		
		Europa	SAD	RH
Karfentrazon etil	Affinity plus	Da	Ne	Ne
Piraflufen-etil	Venue; Evolution; Piramax EC; (Mizuki u RH)	Da	Da	Da
2,4-D	Saber, (Deherban A i Dicopur max u RH)	Ne	Da	Da
Karfentrazon	Aim EC	Ne	Da	Ne
Glufosinat	Rely 280, Basta 15	Ne	Da	Ne
Parakvat / Dikvat	Gramoxone SL, Reglon Forte	Ne	Da	Ne
Pelargonska kiselina	Scythe, (Beloukha u RH postoji ali nije registrirana na lijeski)	Ne	Da	Da

Unatoč ovim prednostima, kemijska kontrola izdanaka naglašava probleme povezane s onečišćenjem okoliša, smanjenjem mikrobne aktivnosti tla, a može dovesti i do fitotoksičnog djelovanja na kulturu (Dolci i sur., 2000.). Broj sezonskih primjena herbicida u suzbijanju izdanaka varira od dva do četiri puta, ovisno o klimatskim uvjetima, starosti nasada, uzgojnog oblika, sposobnosti kultivara u produkciji izdanaka (Cristofori i sur., 2018.) te učinkovitosti herbicida. Tretmani se moraju provesti brzo kada su izdanci u zeljastoj fazi i dostignu visinu od oko 15-20 cm, jer njihov razvoj nije ujednačen (prisutna velika varijabilnost u visini).

Ako se korijenovim izdancima dopusti da rastu tijekom sezone dok ne odrvene, bit će potrebno mnogo više sezonskih intervencija za njihovu kontrolu, često i uz kombinaciju s drugim metodama kontrole (Olsen i Peachy, 2013.). Creech i sur., (2015.) ističu da učinkovitost herbicida u suzbijanju izdanaka nije povezana samo s njihovim razvojem i brojem herbicidnih aplikacija, već i s veličinom kapljica. Nekoliko studija pokazuje da je smanjenje promjera kapljica u pozitivnoj korelaciji s povećanjem učinkovitosti herbicida (Knoche, 1994.). Prvi pokusi primjene aktivnih tvari za suzbijanje izdanaka provedeni su u Italiji i Oregonu (SAD) 1960. godine (Serdar i Akyuz, 2017.), iako su prve pokušaje suzbijanja korijenovih izdanaka kemijskim metodama izveli izravno proizvođači u Oregonu u prvoj polovici 1950-ih (Kerr, 1953.).

U prvim eksperimentalnim godinama mnogi su istraživači proveli pokuse u kojima je procijenjen stupanj fitotoksičnosti aktivnih tvari korištenih za suzbijanje korijenovih izdanaka, uključujući aminotriazol, bromacil, klortiamid, diklobenil, parakvat, dinoseb, dikvat, cipromid, kakodilnu kiselinu, 2,4,5-triklorfenoksiocetna kiselina (2,4,5-T), dikamba, 2,4-diklorfenoksiocetna kiselina (2,4-D) i pikloram (Paglietta, 1968.; Reich i sur., 1971.). U Italiji su Dolci i sur. (2000. i 2005.) proveli istraživanje te su se usredotočili na procjenu dodatnih herbicida kao što su esteri 1-naftalenocetne kiseline (NAA) i glufosinat amonij.

S obzirom na velik utjecaj na okoliš, neke gore navedeni aktivni spojevi više nisu odobreni, poput parakvata (N,N0-dimetil-4,40-bipiridinijevog diklorida), koji je zabranjen u Europi u siječnju 2015. Ipak, njegova uporaba nije zabranjena u Sjedinjenim Državama, gdje se još uvijek koristi za suzbijanje korijenovih izdanaka. Slično Parakvatu, glufosinat-amonij također je bio odobren kao herbicid u EU do 2018., nakon čega je zabranjen zbog pretpostavljenih reprotoksičnih učinaka. Unatoč visokoj učinkovitosti 2,4-D u uklanjanju

izdanaka (De Souza, 2020.), tijekom ljeta, kada se tretmani često provode u uvjetima visokih temperatura i niske vlažnosti zraka, rizik od isparavanja aktivne tvari značajno raste s velikom vjerojatnošću oštećivanja biljaka (Peterson i sur., 2016.; Hill i sur., 2021.).

Ovaj problem mogao bi se riješiti zahvaljujući upotrebi NAA, koji je nehlapljiv spoj (Pohanish, 2014.). NAA je sintetski regulator rasta biljaka iz obitelji auksina koji djeluje kao herbicid potičući proizvodnju apscizinske kiseline i vodikovog peroksida, te posljedično uzrokujući inhibiciju rasta ili venuće, nekrozu i odumiranje zahvaćenog biljnog tkiva (Grossmann, 2010.). Dolci i sur. (2000. i 2004.) iznose učinkovitost različitih derivata NAA prilikom suzbijanja izdanaka bez isticanja problema fitotoksičnosti ili smanjenja uroda. Hill i sur., (2021.) su proveli istraživanje potvrđujući da NAA efektivno suzbija korijenove izdanke bez izazivanja izravne štete na stablu. Osim toga, primjena herbicida u otopini s NAA mogla bi poboljšati suzbijanje izdanaka u usporedbi s tretmanima napravljenim pojedinačno s NAA ili herbicidima, te smanjiti broj potrebnih tretmana.



Slika 3. Usporedba ručne i kemijske kontrole korijenovih izdanaka lijeske (lijevo: grm s više debla prije ručne kontrole; u sredini: isti grm nakon ručne kontrole obavljene u rano ljeto; desno: izdanci lijeske u fazi uvenuća nakon kemijske kontrole)

(preuzeto iz Pacchiarelli i sur., 2022.)

Primjena herbicida za kontrolu korijenovih izdanaka (Slika 3, desno i Slika 4.) najraširenija je tehnika suzbijanja u konvencionalnoj proizvodnji zbog svojih glavnih prednosti, kao što su brza primjena i niža cijena u usporedbi s drugim metodama suzbijanja izdanaka (Serdar, 2017.).

Uklanjanje izdanaka može se obavljati na zeljastim i na odrvenjelim izdancima. Ako se provodi ranije na malim izdancima doći će do ponovnog rasta (retrovegetacije) te će biti potrebno ponovno uklanjanje izdanaka. Ukoliko se suzbijaju odrvenjeli korijenovi izdanci sa kemijskim ili fizikalnim metodama potrebno je ručno ukloniti odumrle dijelove biljke (Slika 4).



Slika 4. Zeljasti izdanci (lijevo) i odumrli izdanci (desno) (preuzeto iz Tomasone i sur., 2010.)

Jednokratna i višestruka primjena kemijskih herbicida je jako korisna prilikom suzbijanja izdanaka, ali problem su ostatci pesticida u plodovima i jak utjecaj na okoliš (Dolci i sur., 2000.).

2.3.5. Ostale metode u kontroli korijenovih izdanaka lijeske

Osim navedenih kontrola, često se koriste i alternativne metode kao što su odabir kultivara i podloge s niskom tendencijom stvaranja korijenovih izdanaka, malčiranje, uklanjanje pupova u baznom dijelu i primjena dušičnih otopina.

U Italiji, programi u oplemenjivanju lijeske uglavnom su usredotočeni na urod, kvalitetu i kultivare s minimalnom produkcijom korijenovih izdanaka (De Salvador i sur., 2008.). Godine 1981. ispitivan je utjecaj gama zraka u dobivanju biljaka s minimalnom produkcijom korijenovih izdanaka. Gama zrake su primijenjene na 500 biljaka. S ovih biljaka uklonjeno je i ukorijenjeno 115 izdanaka. Od tih 115 biljaka, šest ih nije imalo izdanke nakon pet godina (Me i sur., 1987.). Godine 1994. započela su istraživanja klonske selekcije 'Tonda Gentile Romana'. Klonovi 'Carazza', 'Foschini', 'Iezzi', 'Oroni', 'Valentini' ocijenjeni su kao superiorni kandidati. Daljnje studije su pokazale da 'Carazza', 'Iezzi' i 'Valentini' stvaraju manje korijenovih izdanaka u odnosu na ostale kultivare (De Salvador i sur., 2008.). 'Tonda Gentile Romana' i 'Tonda di Giffoni' podvrgnuti su hibridizaciji, rezultirajući selekcijom F6P200 koja je stvarala manje izdanaka od svojih roditelja (Farinelli i sur., 2008.).

U nekim se zemljama koriste se podloge *Corylus colurna* ili hibridi *C. colurna* × *C. avellana* koje imaju nisku tendenciju stvaranja korijenovih izdanaka (Dolci i sur., 2004.). U cilju dobivanja kultivara s minimalnom tendencijom stvaranja korijenovih izdanaka, oplemenjivački programi na Sveučilištu Oregon State započinjue 1971. godine. Državno sveučilište Oregon (Lagerstedt, 1990.) predstavilo je 1990. dvije sorte podloga („Newberg” (USOR 1-71) „Dundee” (USOR 15-71). 2000. godine selekcija 'Negret-N9' cijepljena je na 'Newberg', 'Dundee' i dvije sadnice *C. colurna*. Podloge 'Dundee', 'Newberg' i jedna sadnica *C. colurna* ('MB-69') rezultirali su najmanjom produkcijom korijenovih izdanaka. Također, utvrđen je i najveći prinos na podlozi 'Dundee' (Rovira i sur., 2012.). U cilju dobivanja podloga koje daju minimalnu količinu korijenovih izdanaka u Srbiji su ispitivani učinci vremena sjetve sjemena i menadžmenta vodom na rast sjemena (Korać i Slović, 1974.; Cerovic i sur., 2007.). Utvrđeno je da sadnice nastale iz sjemena daju manje izdanaka u usporedbi s klonsko razmnoženim biljkama, a istraživanja su još u tijeku.

U Italiji neki proizvođači koriste i plastični mulch (plastične folije) za inhibiciju rasta izdanaka (Dolci i sur., 2000.). Međutim, plastični mulch se može koristiti samo u nasadima lijeske s jednim deblom, isti nije prikladan za sustav grma.

Metodom uklanjanja bazalnih pupova, nožem se uklanja meristemsko tkivo (pupovi) pri dnu ukorijenjenog sloja prije same sadnje u polje. Smith i Erdoğan, (2000.) iznose rezultate ove metode te navode kako se dvije godine na ovakvim stablima bez pupoljaka nije formirao niti jedan korijenov izdanak.

Primjena dušičnih otopina alternativa je herbicidima. Može se jednostavno primijeniti, a štedi vrijeme i novac. Dušik također služi i kao gnojivo. Međutim, trebalo bi se provesti više studija kako bi se odredile najidealnije koncentracije u kontroli izdanaka bez oštećenja biljke. U visokim koncentracijama, dušične otopine mogu izazvati salinizaciju tla zbog iona kao što su nitrat i sulfat. Odabir najidealnije metode kontrole korijenovih izdanaka treba izabrati ovisno o uzgojnom obliku, ekologiji, nagibu i sustavu uzgoja.

2.4. Organski herbicidi

Aktivne tvari većine organskih herbicida su prirodne, što znači da ih proizvode biljke ili su proizvedeni od biljaka. Alelopatija je biokemijska interferencija između biljnih vrsta, a može biti inhibitorna ili stimulirajuća (Rice, 1984.). Određeni korovi i usjevi mogu ispuštati kemikalije izlučivanjem, ispiranjem, isparavanjem i razgradnjom biljnog tkiva (lišće, stabljike, korijenje, cvijeće). Kada ove biokemikalije (alelokemikalije) dođu u kontakt sa drugim biljkama one mogu utjecati na rast tih biljaka. Rani razvoj biljaka je najranjivije razdoblje životnog ciklusa biljke u kojem može biti izloženo alelopatskim kemikalijama (Russo i sur., 1997.).

Važan aspekt certificirane organske proizvodnje je sprječavanje neorganskih tvari od namjernog ili nenamjernog unosa u proizvodno područje. To uključuje i zabranu korištenja vode za navodnjavanje ili prirodne vode koja sadrži razgrađene materijale, uključujući herbicide, iz ribnjaka ili jezera na certificirano područje proizvodnje.

Organski herbicidi možda neće imati isti učinak i kvalitetu, kao što su proizvođači navikli vidjeti s glifosatom i drugim konvencionalnim herbicidima. Organski herbicidi djeluju kontaktno, za razliku od glifosata, koji se kreće kroz cijelu biljku. Organski kontaktni herbicidi su najučinkovitiji na višim temperaturama (26 °C i više) i na punom suncu. Budući da djeluju kontaktno, primjenjuju se nakon nicanja i najbolje djeluju na sitne jednogodišnje korove. Za veće ili višegodišnje korove, organski herbicidi će samo oštetiti ili spaliti vrh korova i nakon nekoliko tjedana korov će ponovno izrasti.

2.4.1. Vrste organskih herbicida

Certificirani organski herbicidi za razliku od sintetiziranih herbicida izrađeni su od sastojaka ekstrahiranih izravno iz biljaka, životinja ili mikrobnom sintezom, npr. octa. Istraživan je niz

potencijalnih materijala pogodnih za organske herbicide uključujući biljna ulja kao što su bor, čempres, cedar, manuka, crvena djetelina, klinčić, limunska trava, cimet, metvica, ružmarin i kadulja. Također se koriste alelopatska brašna od sjemenki kukuruza i gorušice (mljevene žitarice/sjemenke), masne kiseline dobivene iz biljnih ulja uključujući ulja bora, kokosa i uljane repice, kao i koncentrirane organske kiseline uključujući octenu kiselinu, amonijev nonanoat (pelargonska kiselina) i limunsku kiselinu. Budući da su dobiveni iz bioloških izvora, biorazgradivi su i ne ostavljaju rezidue. Međutim, oni su opći biocidi pa ne ubijaju samo korov, a mogu utjecati i na ne ciljane vrste, uključujući biologiju tla. Stoga bi se organski herbicidi trebali koristiti kao posljednje, a ne prvo sredstvo.

Ostale vrste prirodnih herbicida su cinmetilin, prirodni herbicid proizveden iz kadulje, a koji suzbija nekoliko jednogodišnjih trava i neke širokolisne vrste korova. Zatim vodeni hidrolat svježeg lišća *Eucalyptus globules* koji značajno potiskuje uspostavu vegetativnih propagula i rani rast klijanaca korova (Abouziena i Hagaag, 2016.). Unatoč tome, postoji potreba za dodatnim istraživanjem kako bi se ubrzao razvoj i implementacija učinkovitih ekoloških herbicida koji su sigurni za okoliš i koji pomažu proizvođačima zadovoljiti sve veću potražnju potrošača za ekološkim proizvodima.

Organski neselektivni herbicidi uništavaju voštanu kutikulu i staničnu stijenkicu uzrokujući isušivanje i brzo odumiranje biljke, a učinak je efikasniji ukoliko što ravnomjernije raspodijelimo materijal. Ovisno o herbicidu, određeni katalizatori mogu poboljšati aktivnost herbicida pospješujući razaranje kutikule i stanične stijenske, ili osiguravajući ujednačeniju primjenu.

Postoje razni odobreni organski proizvodi koji sadrže ocat (npr., Weed Pharm[®], 20 % octene kiseline). Ocat (octena kiselina) je neselektivan kontaktni herbicid. Utjecaj na korov je veći, što je veća koncentracija octene kiseline u otopini. Octena kiselina slabije djeluje u suzbijanju trava i višegodišnjih korova, dok bolje djeluje na širokolisne i jednogodišnje korove (Webber i Shrefler, 2007., 2008. i 2009.; Webber i sur., 2009.). osim količine i koncentracije, suzbijanje korova ovisi i o veličini i vrsti korova. Ovisno o veličini, vrsti i da li je jednogodišnji ili višegodišnji korov potrebno je obaviti više tretmana octene kiseline. Također postoji razlika između octene kiseline koja je dobivena sintetski i one koja nije dobivena sintetskim putem, što će ovisiti o dozvoli upotrebe u organskoj proizvodnji. Ukoliko se materijal namjerava koristiti na certificiranom organskom tlu, potrebno je provjeriti da li je proizvod dopušten od strane agencije za organsku certifikaciju. Treba imati

na umu, ukoliko je proizvod dopušten u organskoj proizvodnji, ne znači da ne može izazvati ozljede ukoliko se ne rukuje s oprezom. Octena kiselina koncentracije veće od 10 % može uzrokovati teška oštećenja oka ili čak sljepoću.

Ulje klinčića je aktivni sastojak raznih organskih odobrenih neselektivnih herbicida nakon nicanja (npr. Matratec[®], Matran[®] EC and Matran[®], 50 % ulja klinčića). Ulje klinčića je neselektivni kontaktni herbicid nakon nicanja za kontrolu aktivnog rasta jednogodišnjih korova, višegodišnjih trava i širokolisnih korova. S obzirom da je kontaktni i neselektivni herbicid, njegova učinkovitost raste s količinom primjene i smanjenjem veličine korova.

GreenMatch[®] (55 % d-limonen) je neselektivni kontaktni herbicid nakon nicanja za kontrolu aktivnog rasta izniklih jednogodišnjih, višegodišnjih travnatih i širokolisnih korova.

Postoje i neki primjeri bioherbicida koji se sastoji od izolata *Phytophthora palmivora* (DeVine[®]), a koristi se za suzbijanje *Morrenia odorata* (mlječike) u citrusima na Floridi. Dr. BioSedge[®] preparat na bazi gljivice hrđe *Puccinia canaliculata* koji je registriran za suzbijanje *Cyperus esculentus* (šilj) u Sjedinjenim Državama. Izolat *Xanthomonas campestris poae* kao bakterija koja izaziva venuće, izolirana u Japanu iz *Poa annua* (jednogodišnja modra trava ili zimsko trava) te registrirana u Japanu kao bioherbicid Camperico[®] za suzbijanje jednogodišnje modre trave na golf terenima (Charudattan i Dinoor, 2000.). Najveća briga u korištenju biljnih patogena za suzbijanje korova je njihova potencijalna prijetnja biljkama koje nisu cilj suzbijanja (Babu i sur., 2003.) na što treba obratiti ozbiljnu pažnju. Herbicidi dobiveni iz mikroba, posebno sekundarni metaboliti mikroorganizama, nova su vrsta mikrobni herbicida za suzbijanje korova koji su uvijek fitotoksini. Oni su vrlo različiti po kemijskoj strukturi i veličini. Ove bioaktivne komponente ulaze u biljku domaćina, uzrokuju patogenost, uništavaju njihovu strukturu i dovode do stvaranja nekrotičnih lezija ili klorotičnih pjega (Li i sur., 2003.).

Uloga biomikrobni herbicida u poljoprivredi još je uvijek problematična i beznačajna (Babu i sur., 2003.). Iako trenutni naglasak na smanjenju upotrebe kemijskih herbicida može povećati proizvodnju i upotrebu bioloških herbicida u budućnosti.

Općenito, uporaba alternativnih strategija kontrole korova može spriječiti ili smanjiti primjenu kemijskih herbicida. To može dovesti do manjeg oslanjanja na fosilna goriva (neobnovljivi izvori energije), manje degradacije okoliša i posljedično većeg stupnja održivosti agroekosustava.

2.5. Nove i netradicionalne metode kontrole

Postoje neke nove i obećavajuće netradicionalne metode koje bi mogle uskoro zaživjeti u organskom uzgoju. Nove i netradicionalne metode kontrole korova kao što su infracrveno zračenje, laseri, mikrovalno zračenje, ultrazvučni sustavi za kontrolu korova, inteligentni robotski sustavi za kontrolu korova u stvarnom vremenu i električna energija mogu se koristiti u kontroli korova u poljskim uvjetima. Međutim, neke od ovih metoda su još u razvoju ili se koriste na malim područjima. Konačno, može se zaključiti da su uspješni i održivi sustavi za suzbijanje korova oni koji koriste integraciju među tehnikama, a ne ovise o jednoj metodi.

2.5.1. Projekt PANTHEON

Kemijsko suzbijanje korijenovih izdanaka lijeske najčešće se izvodi pomoću raspršivača koji su priključeni na traktor. Često se pri korištenju raspršivača primjenjuje konstantna količina herbicida po biljci, zanemarujući stvarne potrebe prema količini izdanaka koji u istom nasadu mogu biti vrlo različiti. Noviji ekološki prihvatljiviji pristup za ispravnu distribuciju herbicida kalibriranog na stvarnom broju izdanaka po biljci nedavno je predložen i razvijen u sklopu europskog projekta (Projekt PANTHEON, financiran od strane programa Europske zajednice Horizont 2020 prema ugovoru o dodjeli bespovratnih sredstava 774571) čiji je cilj primjena tehnike precizne poljoprivrede u velikim nasadima lijeske (Potena i sur., 2020.). Novi pristup automatiziranog rješenja za suzbijanje korijenovih izdanaka pomoću robotskih platformi pruža fleksibilnu mogućnost kretanja na polju i potencijalno omogućuje izvođenje nekoliko poljoprivrednih operacija kao što su orezivanje (Botterill i sur., 2017.), plijevljenje (Zhang i sur., 2017.) i berba (De-an i sur., 2011.).

Kako bi se regulirala količina herbicida koja će se raspršiti po svakoj biljci prema njenim specifičnim potrebama i kako bi se omogućilo automatsko suzbijanje korijenovih izdanaka, razvijen je matematički model (end-to-end algoritam) za otkrivanje i kvantificiranje stvarnog volumena korijenovih izdanaka. Ovo inovativno rješenje može znatno smanjiti količine herbicida i poboljšati zdravlje biljaka.

Ovaj automatizirani sustav detekcije i autonomni pristup upravljanja korijenovim izdancima čini se vrlo obećavajućim za primjenu na velikim farmama koje mogu implementirati pristupe precizne poljoprivrede pri upravljanju nasadima lješnjaka.

2.5.2. Pelargonska kiselina

U Europi se sve više pažnje pridodaje utjecaju herbicida na okoliš te je zbog nepovoljnih toksičnih svojstava posljednjih godina zabranjen velik broj djelatnih tvari. Glifosat je najšire korištena aktivna tvar u svijetu, te je izazvala veliku pozornost javnosti. Pelargonska kiselina je aktivna tvar koja može omogućiti jako visoke ekotoksikološke standarde uz odličnu biološku učinkovitost. Zato se unazad nekoliko godina intenzivno radi na poboljšanju i razvoju formulacija i mogućnosti uporabe pelargonske kiseline.

Na Europskoj razini je zaključeno da razgradnjom pelargonske kiseline ne nastaju toksikološki metaboliti. S obzirom da su masne kiseline komponenta svih živih organizama, te da su ljudi njima izloženi u visokim koncentracijama u dnevnoj prehrani, nije bilo potrebe odrediti prihvatljivi dnevni unos (ADI) i akutnu referentnu dozu (ArfD). Razgradnjom pelargonske kiseline u tlu na ugljikov dioksid i vodu, ne ostavlja nikakve metabolite i rezidue. Temeljem na poluraspad DT_{50} i tlaku para pelargonske kiseline, prilikom isparavanja iz biljaka i tla nema rizika od onečišćenja zraka kod upotrebe. Karakteristike pelargonske kiseline potpuno zadovoljavaju sva pravila zaštite okoliša. Time se omogućuje uvrštavanje pelargonske kiseline u biocidne i herbicidne programe ekološke zaštite bilja i još omogućuje ekološko suzbijanje korova na nepoljoprivrednim površinama.

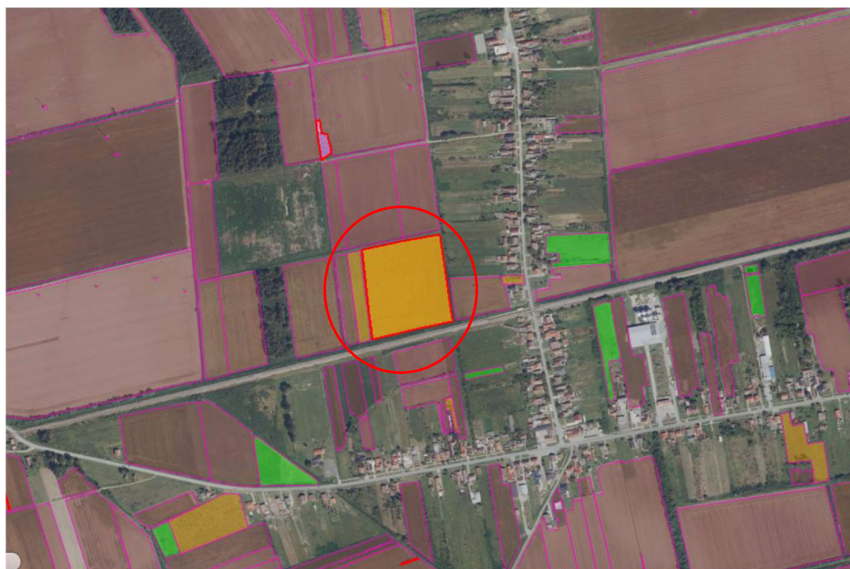
Pelargonska kiselina djeluje kontaktno na biljke. Lipofilni dio pelargonske kiseline uništava stanične stijenke u epidermi biljaka, te uzrokuje isušivanje tkiva. Djelovanje pelargonske kiseline je brzo i može se vidjeti unutar dva sata nakon primjene. Najefikasnija primjena pelargonske kiseline je u ranim razvojnim fazama korova. Također, pelargonska kiselina nema sistemskih svojstava (ne uništava korijenov sustav). U prilog pelargonskoj kiselini, i ostale masne kiseline su u razmatranju i razvoju kao potencijalni organski herbicidi. U skladu s Uredbom 1107/2009 nalazi se na popisu odobrenih aktivnih tvari u EU, a u Hrvatskoj je registriran jedan pripravak (Beloukha – Belchim Crop Protection).

3. MATERIJALI I METODE

3.1. Cilj i lokalitet u istraživanju

Tijekom vegetacije u travnju 2024. godine u nasadu lijeske proizvodno trgovačkog obrta Lidera u Starom Topolju (općina Donji Andrijevc, Brodsko-posavska županija), provedeno je istraživanje o utjecaju pojedinih organskih kiselina na suzbijanje, odnosno kontrolu korijenovih izdanaka lijeske u ekološkom modelu proizvodnje. Nasad se nalazio u 3. godini eksploatacije te se ne očekuje značajni uroda ove godine (mladi nasad).

Staro Topolje je selo u Hrvatskoj, smješteno u Brodsko posavskoj županiji. Nasad se nalazi na 91 m nadmorske visine, te $45^{\circ}11'1''N$ i $18^{\circ}14'39''E$ geografske dužine i širine (Slika 5.).



Slika 5. Arkod snimka lokaliteta nasada lijeske obrta Lidera

(Izvor: <https://preglednik.arkod.hr/>)

Proizvodno trgovački obrt Lidera ima trenutno posađenih 0,9 ha lijeske u Starom Topolju (475 stabala). Proizvodni nasad čine kultivari Istarski duguljasti i Rimski lješnjak. U nasadu se provodi ekološki model proizvodnje. Prije sadnje ovog nasada izvršeno je dubinsko oranje i analiza tla, te sukladno tome gnojidba ekološkim gnojivom. Sadnja, odnosno podizanje nasada obavljeno je u jesen 2021. godine. Međuredni razmak iznosi 5 metara, a razmak unutar redova je 3 metra (5 x 3). Analiza tla se obavlja svake 4 godine i sukladno tome se vrši gnojidba. U prvim godinama gnojidba se obavlja oko stabla u širini krošnje, a u kasnijim

godinama gnojidba će se obavljati po cijeloj proizvodnoj parceli. Gnojidba se obavlja ekološki certificiranim gnojivima kao što je SAMAGROW N(10-3-3) + MgO + CaO u količini oko 2 kg po stablu.

Nasad je podignut na površinama gdje su se prethodno sijale ratarske kulture. Budući da je nasad u ekološkom modelu proizvodnje od podizanja nasada, odnosno od prve godine pojavili su se problemi kontrole i uklanjanja korijenovih izdanaka. Razlog je nedostatak ekoloških registriranih sredstava za ovu namjenu i ovu kulturu uopće.

3.2. Postavljanje pokusa i tretmani u istraživanju

Za potrebe ovog istraživanja nasumično su odabrana stabla u nasadu s ujednačenim habitusom (Slika 6a.). Svaki tretman činio je tri stabla, odnosno svako stablo jednu repeticiju (3 repeticije po tretmanu). Pokus je uključivao primjenu 14 različitih tretmana te kontrolni tretman K.



Slika 6. Izgled stabla u istraživanju – a. habitus i b. zeljasti korijenovi izdanci veličine 10 do 15 cm prije aplikacije tretmana (Gusak, 2024.)

Pri visini zeljastih korijenovih izdanaka od oko 10 do 15 cm pristupilo se postavljanju pokusa i primijeni navedenih tretmana (Slika 6b.). Prije same aplikacije, odnosno primjene tretmana na svakom stablu utvrđen je broj i prosječna visina korijenovih izdanaka.

Prilikom primjene tretmana korištena je tlačna ručna prskalice od pola litre. Prilikom dodavanja kiselina i lužina u prskalicu koristili smo preciznu digitalnu vagu za mjerenje mase kiselina koje su bile u praškastoj formi, te precizne mililitarske šprice za kiseline i lužinu koje su bile u tekućem stanju. Svi tretmanu uključivali su primjenu organskog okvašivača u cilju poboljšanja učinkovitost svih tretmana. Njegova glavna funkcija bila je smanjiti površinsku napetost tekućine, što omogućava bolju pokrivenost biljnih površina. Okvašivač omogućuje da se aplicirano sredstvo ravnomjernije rasporedi, bolje penetrira, poveća adheziju i smanji otjecanja s površine lista i stabljike izdanka. Okvašivači se obično koriste u kombinaciji s drugim sredstvima za zaštitu bilja kako bi se postigla optimalna učinkovitost tretmana, što je posebno važno u ekološkoj proizvodnji i u područjima s ekstremnim vremenskim uvjetima.

Tablica 4. Tretmani, korištene koncentracije, nazivi i vrste kiselina ili lužine u istraživanju

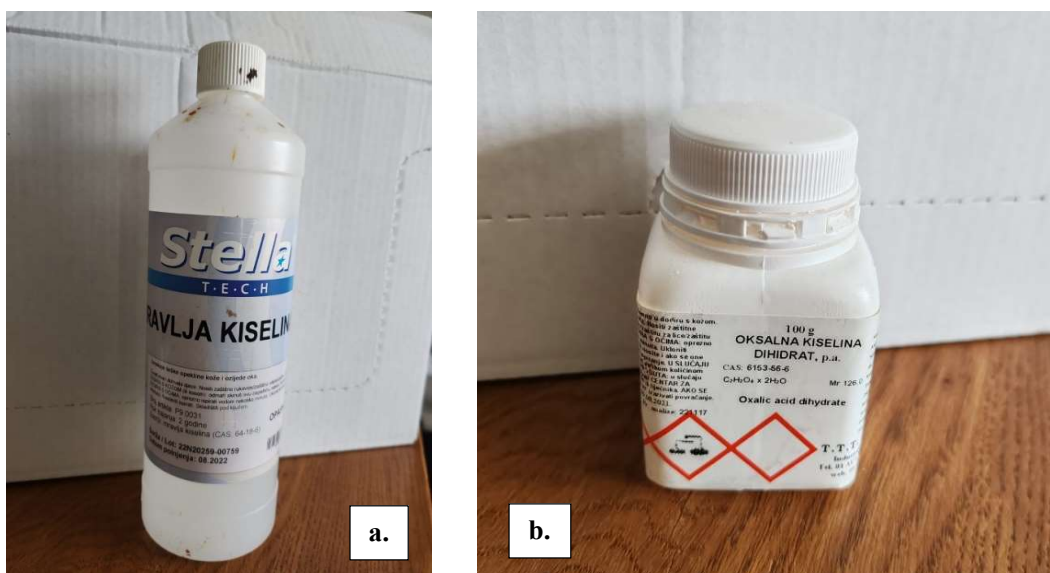
Tretman	Koncentracija, naziv i vrsta kiseline ili lužine
T1	10 % mravlja kiselina (organska kiselina)
T2	5 % mravlja kiselina (organska kiselina)
T3	2 % mravlja kiselina (organska kiselina)
T4	10 % oksalna kiselina (organska kiselina)
T5	5 % oksalna kiselina (organska kiselina)
T6	2 % oksalna kiselina (organska kiselina)
T7	10 % solna kiselina (anorganska kiselina)
T8	5 % solna kiselina (anorganska kiselina)
T9	2 % solna kiselina (anorganska kiselina)
T10	10 % octena kiselina (organska kiselina)
T11	5 % octena kiselina (organska kiselina)
T12	10 % vinska kiselina (organska kiselina)
T13	5 % vinska kiselina (organska kiselina)
T14	Natrijev hipoklorit (<5% aktivnog klora, NaOCl, anorganski spoj, lužina)
K	Ručna kontrola

Osim četiri organske kiselina (mravlja, oksalna, octena i vinska kiselina) u istraživanju je korištena i jedna anorganska kiselina (solna kiselina - klorovodična kiselina) i jedan anorganski spoj, odnosno lužina (natrijev hipoklorit, NaOCl) kako bi se usporedila

učinkovitost tretmana s organskim kiselinama. U tablica 4. nalazi se detaljan opis svih tretmana, primijenjenih koncentracija, naziva i vrste kiselina te korištene lužine

3.2.1. Mravlja kiselina

Mravlja kiselina je organska kiselina kemijske formule HCOOH . Bezbojna je tekućina sa oštrim mirisom. Pri doticaju s kožom može doći do crvenila i pojave plikova. Koristi se u ekološkoj poljoprivrednoj proizvodnji u razne svrhe. Mravlja kiselina se upotrebljavala kao alternativno sredstvo u suzbijanju brzoširećeg nametnika varoe. Danas je svjetski afirmirana kao prihvatljiv preparat u organskom pčelarenju. Mravlja kiselina je korištena u ovom pokusu u koncentracijama od 10 %, 5 % i 2 % (T1, T2 i T3). U istraživanju je korištena mravlja kiselina koncentracije 85 % (koja se smanjivala na koncentracije potrebne u istraživanju), formule HCOOH i CAS broja 64-18-6 (Slika 7a.).



Slika 7. Korištena a. mravlja kiselina i b. oksalna kiselina (Gusak, 2024.)

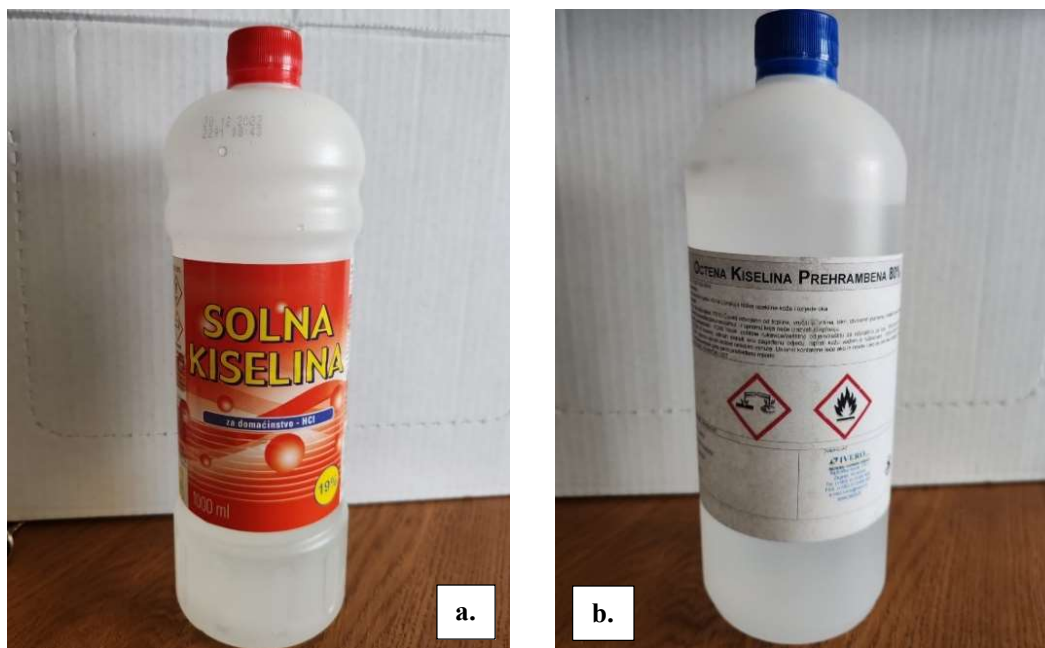
3.2.2. Oksalna kiselina

Oksalna kiselina je organska kiselina obično u dihidratnom obliku u formi bijelih hlapljivih kristala. U većim količinama djeluju toksično na ljudski organizam, stoga se mora rukovati s oprezom. Oksalna kiselina ima nekoliko primjena u poljoprivredi, od kojih su najznačajnije one vezane za pčelarstvo, zaštitu biljaka i kontrolu štetnika. Oksalna kiselina je korištena u ovom pokusu u koncentracijama od 10 %, 5 % i 2 % (T4, T5 i T6). U istraživanju je korištena

oksalna kiselina koncentracije 99,5 % - 102,5 % (koja se smanjivala na koncentracije potrebne u istraživanju), formule $(\text{COOH})_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ i CAS broja 6153-56-6 (Slika 7b.).

3.2.3. Solna kiselina

Solna kiselina je jedina anorganska kiselina koja se koristila u ovom pokusu kako bi se moglo usporediti njeno djelovanje s organskim kiselinama. Solna kiselina (klorovodična kiselina) se ubraja u najjače anorganske kiseline. Bezbojna je tekućina zagušljiva mirisa. Ima raznu primjenu u industriji, laboratorijskoj primjeni, čišćenju i dezinfekciji i u poljoprivredi se koristi u procesima proizvodnje umjetnih gnojiva. Solna kiselina je korištena u ovom pokusu u koncentracijama od 10 %, 5 % i 2 % (T7, T8 i T9). U istraživanju je korištena solna kiselina koncentracije 19 % (koja se smanjivala na koncentracije potrebne u istraživanju), formule HCl i CAS broja 7647-01.0 (Slika 8a.).



Slika 8. Korištena a. solna kiselina i b. octena kiselina (Gusak, 2024.)

3.2.4. Octena kiselina

Octena kiselina je organski neselektivni kontaktni herbicid. Utjecaj na korov je veći, što je veća koncentracija octene kiseline u otopini. Octena kiselina slabije djeluje u suzbijanju trava i višegodišnjih korova, dok bolje djeluje na širokolisne i jednogodišnje korove. Također postoji razlika između octene kiseline koja je dobivena sintetski i one koja nije

dobivena sintetskim putem, što će ovisiti o dozvoli upotrebe u organskoj proizvodnji. Ukoliko se materijal namjerava koristiti na certificiranom organskom tlu, potrebno je provjeriti da li je proizvod dopušten od strane agencije za organsku certifikaciju. Octena kiselina u ovom tretmanu je korištena u koncentracijama 10 % i 5 % (T10 i T11). U istraživanju je korištena octena kiselina koncentracije 80 % (koja se smanjivala na koncentracije potrebne u istraživanju), formule CH_3COOH i CAS broja 64-19-7, (Slika 8b.).

3.2.5. Vinska kiselina

Vinska kiselina je prirodna organska kiselina koja se nalazi u mnogim biljkama, posebno u grožđu. Kemijski je poznata kao dihidroksi-butan-di-oinska kiselina. Vinska kiselina je važna zbog svoje uloge u vinarstvu, prehrambenoj industriji i farmaciji. Vinska kiselina je korištena u ovom pokusu u koncentracijama od 10 % i 5 % (T12 i T13). U istraživanju je korištena vinska kiselina koncentracije 100 % nabavljena iz domaće proizvodnje (Slika 9a).



Slika 9. Korištena a. vinska kiselina, b. natrijev hipoklorit NaOCl i c. okvašivač (Gusak, 2024.)

3.2.6. Natrijev hipoklorit (NaOCl)

Natrijev hipoklorit je jedina lužina koja se koristila u ovom istraživanju. Često se koristi za izbjeljivanje, dezinfekciju i čišćenje. Također se koristi u borbi protiv virusa, bakterija, gljivica i drugih mikroorganizama, te se koristi u medicini, prehrambenoj industriji i

kućanstvima. Natrijev hipoklorit (T14) je korišten u ovom pokusu u koncentraciji od 26,67 % (< od 5% aktivnog klora), kemijske formule NaOCl i CAS broja 7681-52-9 (Slika 9b.).

3.2.7. Okvašivač

Okvašivači su sredstva koja se primjenjuju sa pesticidima i folijarnim gnojivima, a koriste se kako bi se povećala efikasnost sredstva, tj. u ovom slučaju organskih kiselina. Okvašivači ne samo da poboljšavaju način djelovanja, nego i produžuju trajanje tretmana. U ovom pokusu je korišten dopušteni i registrirani organski okvašivač (Slika 9c.).

3.3. Mjerenja u istraživanju

U periodu kroz 24, 48, 72 ili više sati, praćeni su sljedeći parametri učinkovitosti tretmana:

- Pojava prvih simptoma sušenja
- Odumiranje izdanaka
- Regeneracija - obnavljanje postojećih oštećenih korijenovih izdanaka
- Retrovegetacija - pojavnost nicanja novih korijenovih izdanaka

Svi prikupljeni podatci obrađeni i analizirani su pomoću programskog paketa Microsoft Office, Excel 2013.

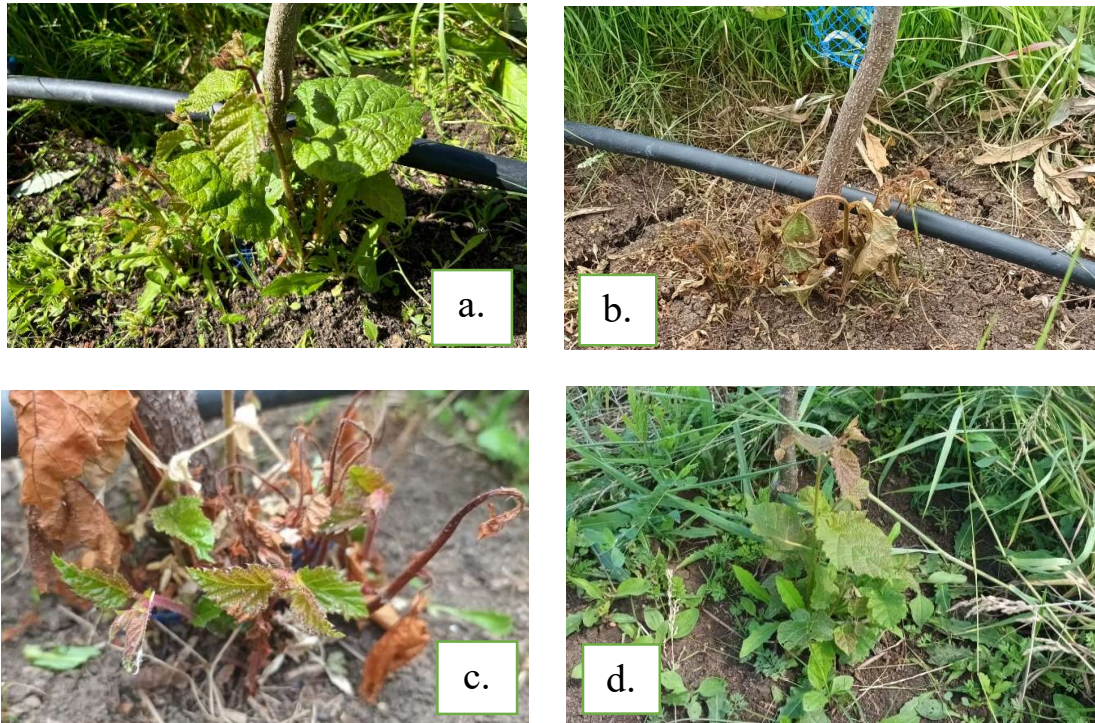
4. REZULTATI

4.1. Rezultati učinkovitosti primijenjenih tretmana – intenzitet sušenja, regeneracija i retrovegetacija korijenovih izdanaka lijeske

Tretman T1 – 10 % mravlja kiselina

Kod tretmana T1 prije same aplikacije utvrđeno je prosječno 11 korijenovih izdanaka sa prosječnom visinom od oko 12 cm. Tretman mravljom kiselinom u koncentraciji od 10 % pokazao je simptome sušenja već nakon 24 sata, te je već nakon 5 dana došlo do potpunog sušenja svih korijenovih izdanaka. Nakon 15 dana došlo je do nicanja novih korijenovih izdanaka (retrovegetacije), a nakon 37 dana došlo je do potpune retrovegetacije korijenovih izdanaka na idealnu visinu za ponovnu aplikaciju (Slika 10.).

Ovaj tretman je rezultirao je zadovoljavajuće, odnosno osušeni su svi korijeni izdanci kroz 5 dana bez negativnog utjecaja na ostale dijelove stabla i sam vigor biljke. Ovaj tretman trebalo bi ponoviti svakih 35 do 40 dana.

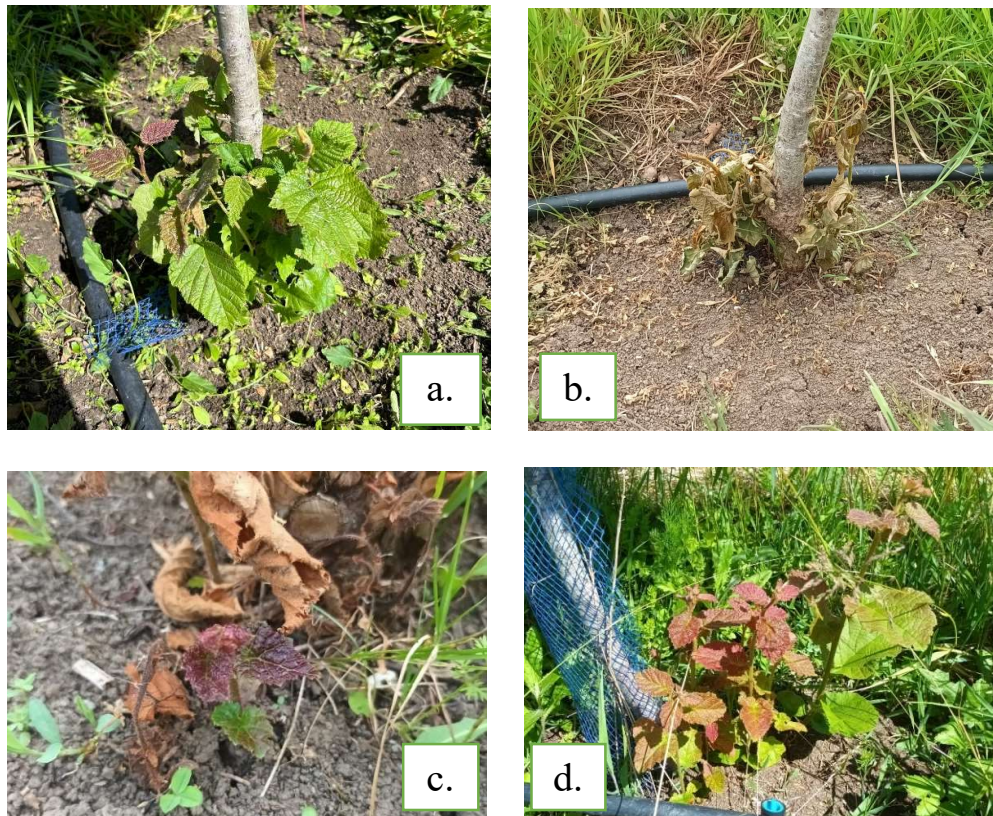


Slika 10. Tretman T1 prije aplikacije (a.) i 24 sata nakon primjene (b.), retrovegetacija nakon 15 dana (c.) i potpuna regeneracija nakon 37 dana (d.), (Gusak, 2024.)

Tretman T2 – 5 % mravlja kiselina

Na tretmanu T2 prije same primjene utvrđeno je prosječno 15 korijenovih izdanaka po stablu s prosječnom visinom od oko 13 cm. Tretman mravljom kiselinom u koncentraciji od 5 % pokazao je simptome sušenja već nakon 24 sata, a nakon 5 dana došlo je do potpunog odumiranja i sušenja svih korijenovih izdanaka. Nakon 15 dana utvrđena je retrovegetacija izdanaka, a nakon 37 dana došlo je do potpune retrovegetacije korijenovih izdanaka na visinu za ponovnu aplikaciju (Slika 11.).

Ovaj tretman također je rezultirao je zadovoljavajuće, odnosno osušeni su svi korijeni izdanci kroz 5 dana bez negativnog utjecaja na ostale dijelove stabla i sam vigor biljke. Ovaj tretman trebalo bi također ponoviti svakih 35 do 40 dana.

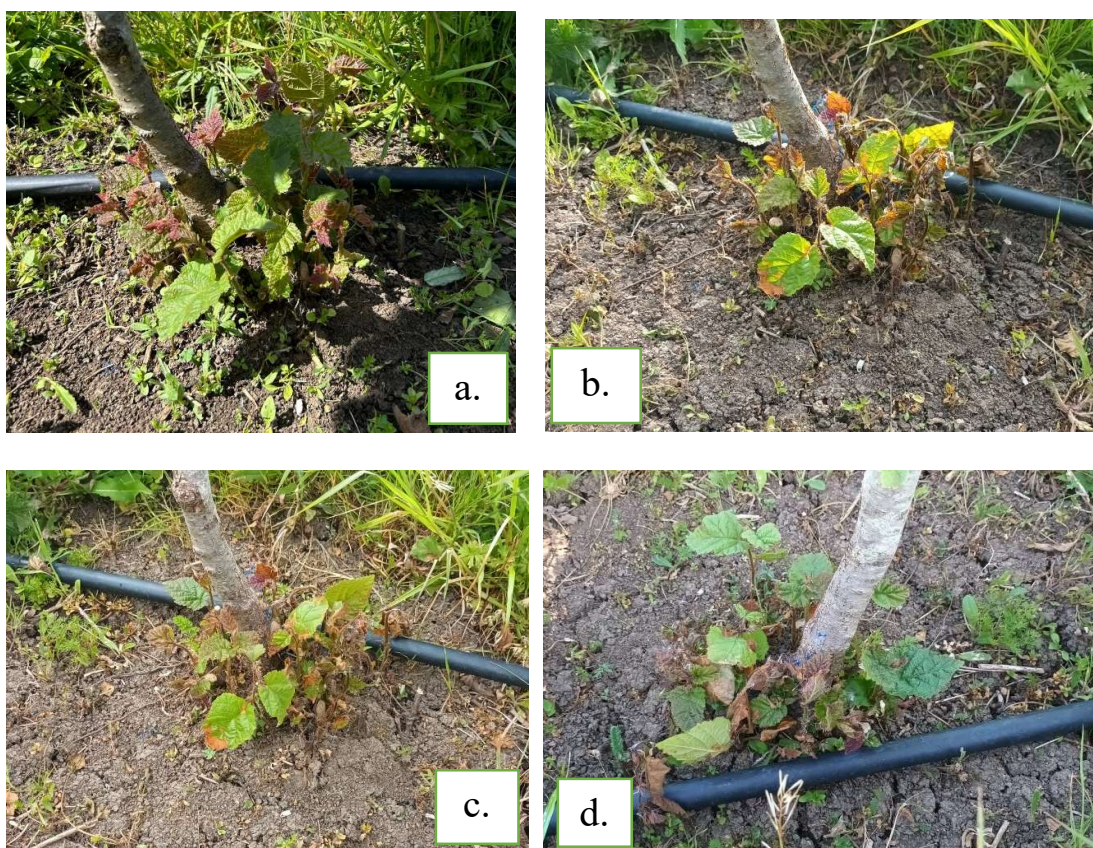


Slika 11. Tretman T2 prije aplikacije (a.) i 24 sata nakon primjene (b.), retrovegetacija nakon 15 dana (c.) i potpuna regeneracija nakon 37 dana (d.), (Gusak, 2024.)

Tretman T3 – 2 % mravlja kiselina

Prije aplikacije tretmana T3 utvrđeno je prosječno 10 korijenovih izdanaka po stablu s prosječnom visinom od oko 12 cm. Tretman mravljom kiselinom koncentracije 2 % je nakon 72 sata ispoljio prve simptome sušenja rubnih dijelova lista, ali kasnije nije došlo do nikakvih promjena te su se nakon 10 dana korijenovni izdanci potpuno oporavili i nije bilo nikakvih znakova oštećenja (Slika 12.).

Ovaj tretman je dao loše rezultate, te je koncentracija mravlje kiseline od 2 % niska za suzbijanje korijenovih izdanaka lijeske.

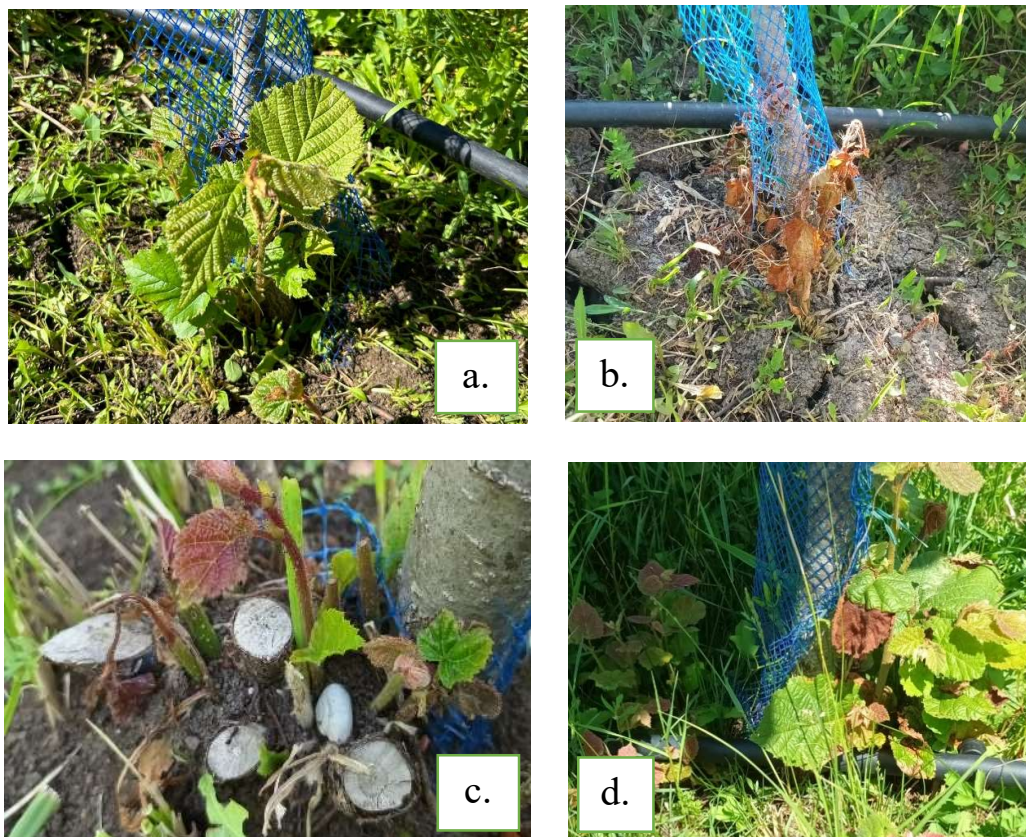


Slika 12. Tretman T3 prije aplikacije (a.) i 72 sata nakon primjene (b.), izdanci nakon 5 dana (c.) i potpuna regeneracija nakon 10 dana (d.), (Gusak, 2024.)

Tretman T4 – 10 % oksalna kiselina

Prije primjene tretmana T4 utvrđeno je prosječno 9 korijenovih izdanaka po stablu s prosječnom visinom od oko 13 cm. Tretman oksalnom kiselinom pokazao je rezultate sušenja već nakon 24 sata, a nakon 10 dana došlo je do potpunog sušenja i odumiranja korijenovih izdanaka. Nakon 21 dana došlo je do nicanja novih korijenovih izdanaka (retrovegetacije), a nakon 37 dana došlo je do potpune retrovegetacije korijenovih izdanaka (Slika 13.).

Ovaj tretman je dao zadovoljavajuće rezultate, osušeni su svi korijeni izdanci. Nije utvrđen negativni utjecaj tretmana na ostale dijelove stabla i sam vigor voćke. Ovaj tretman trebalo bi također ponoviti svakih 35 do 40 dana.



Slika 13. Tretman T4 prije aplikacije (a.) i 10 dana nakon primjene (b.), retrovegetacija nakon 21 dana (c.) i potpuna regeneracija nakon 37 dana (d.), (Gusak, 2024.)

Tretman T5 – 5 % oksalna kiselina

Prije same primjene tretmana T5 utvrđeno je prosječno 10 korijenovih izdanaka po stablu s prosječnom visinom od oko 13 cm. Tretman oksalnom kiselinom koncentracije 5 % pokazao je nakon 24 sata prve rezultate sušenja korijenovih izdanaka, ali kroz ostale dane nije došlo do nikakvih promjena u intenzitetu sušenja. Nakon 10 dana samo 50 % korijenovih izdanaka u potpunosti se osušilo dok se ostalih 50 % oporavilo od tretmana, odnosno regeneriralo (regeneracija 50 % nakon 10 dana), (Slika 14.).

Ovaj tretman je dao srednje rezultate, a koncentracija oksalne kiseline od 5 % bila je niska za kompletno sušenje korijenovih izdanaka lijeske.



Slika 14. Tretman T5 prije aplikacije (a.) i 24 sata nakon primjene (b.), regeneracija nakon 5 dana (c.) i regeneracija nakon 10 dana (d.), (Gusak, 2024.)

Tretman T6 – 2 % oksalna kiselina

Prije primjene tretmana utvrđeno je prosječno 8 korijenovih izdanaka po stablu sa prosječnom visinom od oko 15 cm. Tretman oksalnom kiselinom koncentracije 2 % je nakon 72 sata pokazao prve rezultate sušenja rubnih dijelova lista i blage znakove venuća na 30 % izdanaka. Tijekom idućih dana nije došlo do nikakvih promjena, a izdanci su se nakon 10 dana potpuno oporavili (regenerirali) te je došlo i do retrovegetacije, odnosno nicanja novih izdanaka (Slika 15.).

Ovaj tretman je dao loše rezultate, te je koncentracija oksalne kiseline od 2 % niska za kontrolu korijenovih izdanaka lijeske.

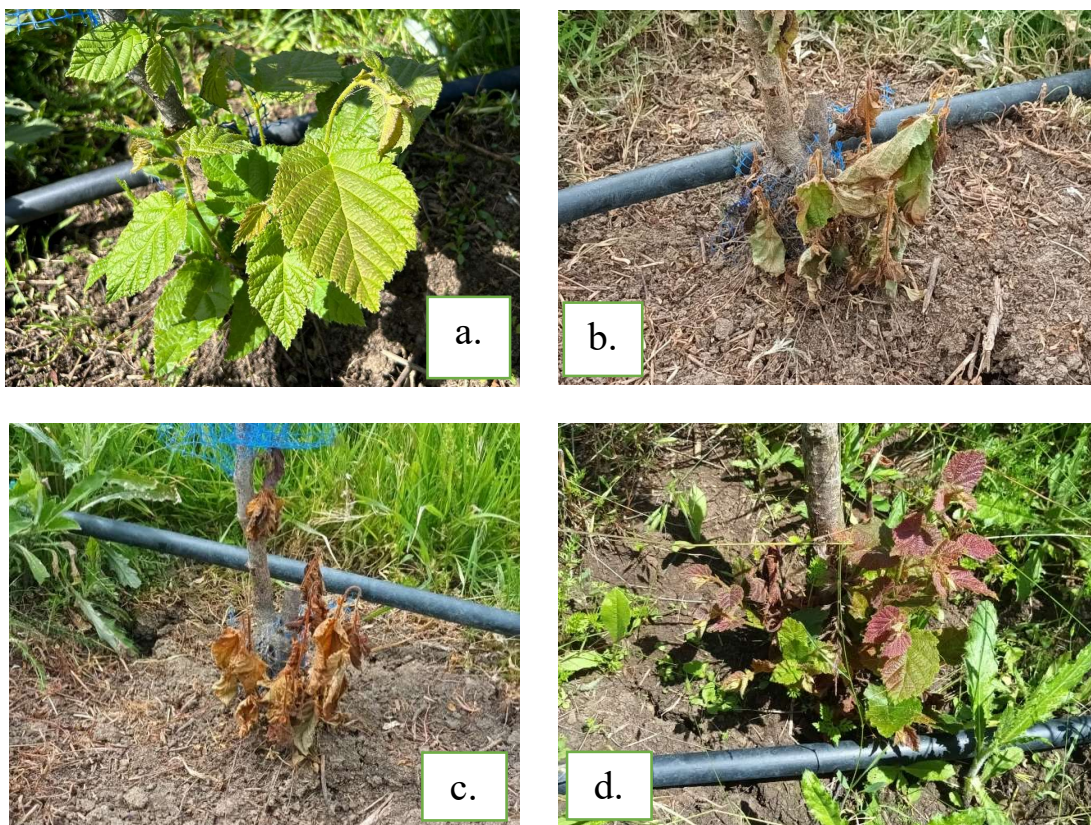


Slika 15. Tretman T6 prije aplikacije (a.) i 24 sata nakon primjene (b.), regeneracija nakon 5 dana (c.) i regeneracija nakon 10 dana (d.), (Gusak, 2024.)

Tretman T7 – 10 % solna kiselina

Prije primjene tretmana T7 utvrđeno je prosječno 11 korijenovih izdanaka po stablu s prosječnom visinom od oko 13 cm. Tretman solnom kiselinom pokazao je rezultate već nakon 24 sata, a nakon 5 dana došlo je do potpunog sušenja svih korijenovih izdanaka. Nakon 23 dana došlo je do nicanja novih korijenovih izdanaka (retrovegetacije), a nakon 37 dana došlo je do potpune retrovegetacije korijenovih izdanaka (Slika 16.).

Ovaj tretman je dao odlične rezultate, osušeni su svi korijenovni izdanci, a tretman nije imao negativnog utjecaja na ostale dijelove stabla i vigor. Na ovom tretmanu utvrđeno je najduže vremena potrebno za retrovegetaciju od svih ostalih tretmana. Ovaj tretman trebalo bi ponoviti svakih 35 do 40 dana.

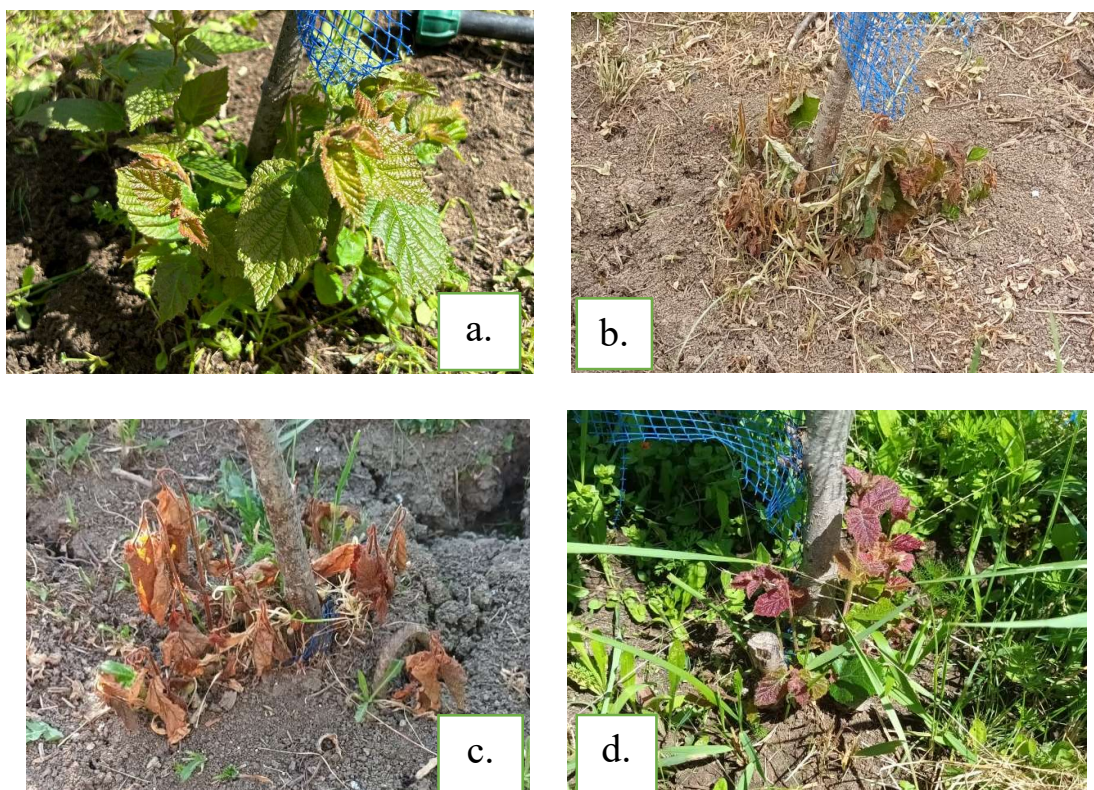


Slika 16. Tretman T7 prije aplikacije (a.) i 24 sata nakon primjene (b.), potpuno sušenje nakon 5 dana (c.) i regeneracija nakon 37 dana (d.), (Gusak, 2024.)

Tretman T8 – 5 % solna kiselina

Prije primjene tretmana T8 utvrđeno je prosječno 10 korijenovih izdanaka po stablu s prosječnom visinom od oko 13 cm. Tretman solnom kiselinom pokazao je simptome sušenja već nakon 24 sata, a tek nakon 10 dana došlo je do potpunog sušenja korijenovih izdanaka. Nakon 15 dana uočeno je nicanja novih korijenovih izdanaka (retrovegetacija), a nakon 37 dana došlo je do potpune retrovegetacije korijenovih izdanaka (Slika 17.).

Ovaj tretman je dao dobre rezultate, s obzirom na to da su osušeni svi korijeni izdanci, te da nije zapažen negativni utjecaja tretmana na ostale dijelove stabla i vigor voćke. Ovaj tretman trebalo bi ponoviti svakih 35 do 40 dana.



Slika 17. Tretman T8 prije aplikacije (a.) i 24 sata nakon primjene (b.), potpuno sušenje nakon 10 dana (c.) i regeneracija nakon 37 dana (d.), (Gusak, 2024.)

Tretman T9 – 2 % solna kiselina

Prije primjene tretmana T9 utvrđeno je prosječno 20 korijenovih izdanaka po stablu s prosječnom visinom od oko 15 cm. Tretman solnom kiselinom koncentracije 2 % nakon 24 sata pokazao je prve simptome sušenja rubnih dijelova lista i blage znakove venuća na oko 50 % izdanaka. Nakon 10 dana 50 % korijenovih izdanaka se osušilo dok se drugih 50 % potpuno regeneriralo (Slika 18.).

Ovaj tretman je dao srednje rezultate, te je koncentracija solne kiseline od 2 % niska za kontrolu korijenovih izdanaka lijeske.

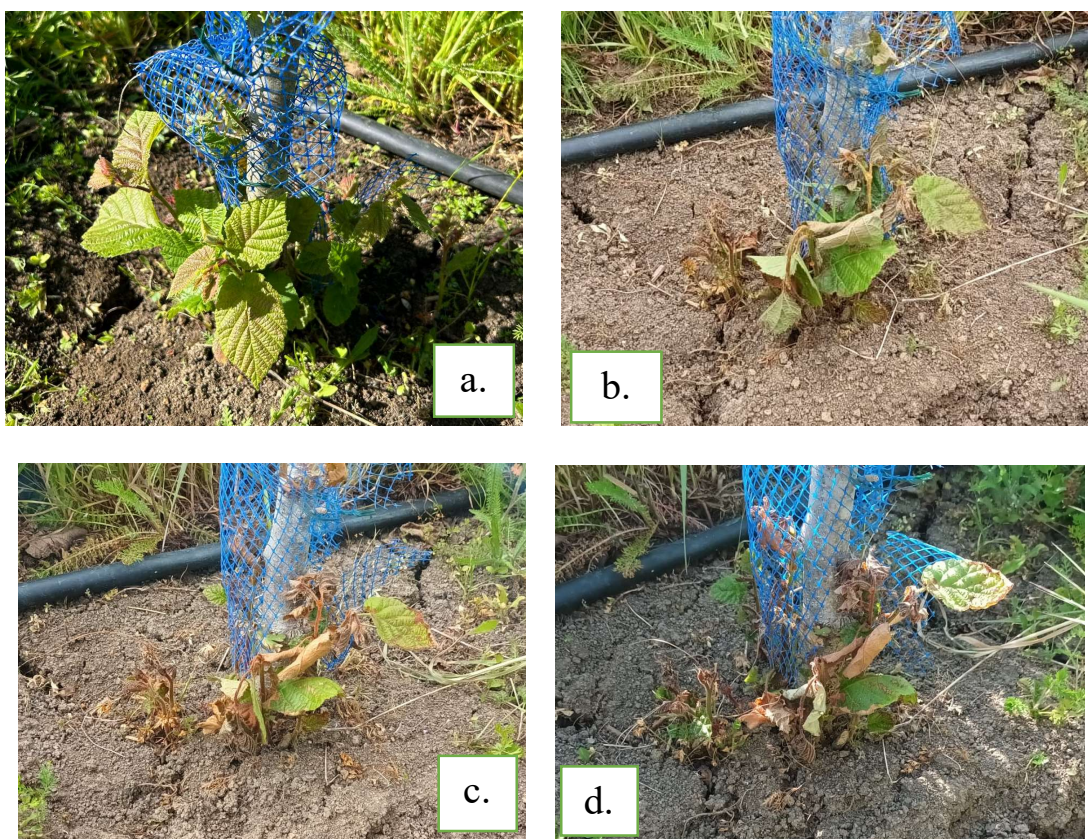


Slika 18. Tretman T9 prije aplikacije (a.) i 24 sata nakon primjene (b.), regeneracija nakon 5 dana (c.) i regeneracija nakon 10 dana (d.), (Gusak, 2024.)

Tretman T10 – 10 % octena kiselina

Prije primjene tretmana T10 utvrđeno je prosječno 10 korijenovih izdanaka po stablu s prosječnom visinom od oko 12 cm. Tretman octenom kiselinom koncentracije 10 % je nakon 24 sata pokazao prve simptome sušenja rubnih dijelova lista i blage znakove venuća na oko 30 % izdanaka. Nakon 10 dana 30 % korijenovih izdanaka se osušilo dok se ostatak potpuno regenerirao (Slika 19.).

Ovaj tretman je dao loše rezultate, te je koncentracija octene kiseline od 10 % niska za kontrolu korijenovih izdanaka lijeske.

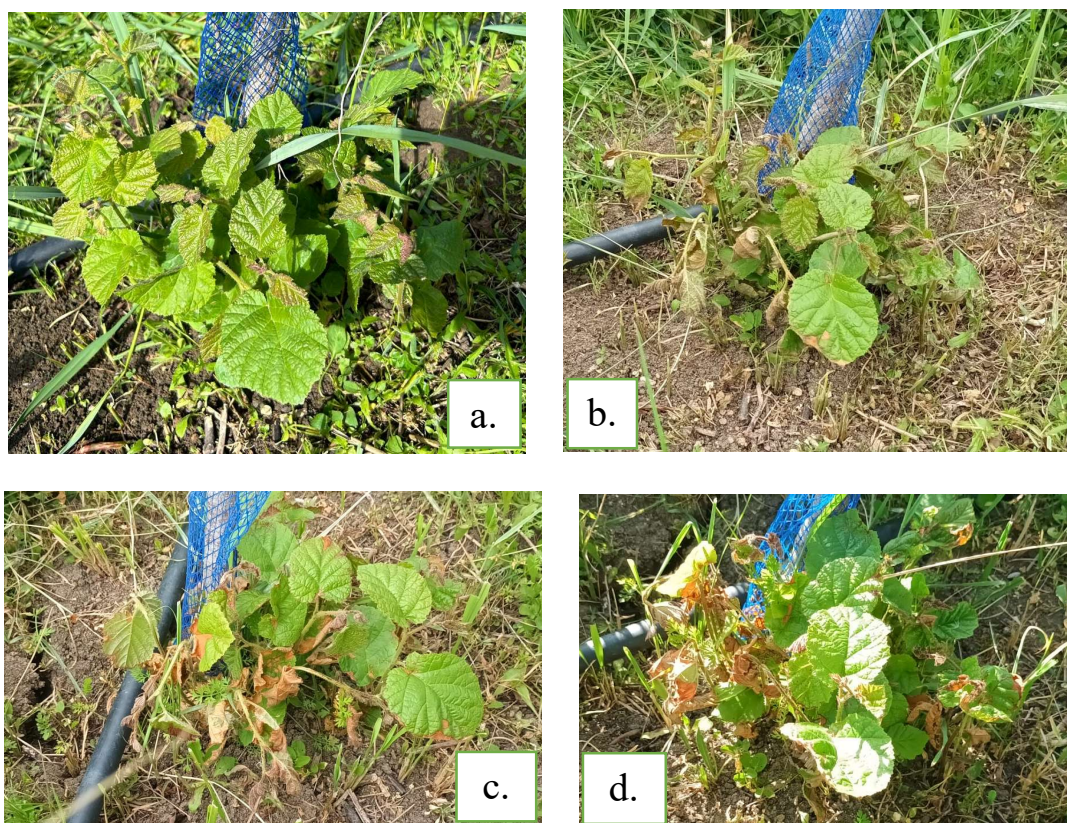


Slika 19. Tretman T10 prije aplikacije (a.) i 24 sata nakon primjene (b.), regeneracija nakon 5 dana (c.) i regeneracija nakon 10 dana (d.), (Gusak, 2024.)

Tretman T11 – 5 % octena kiselina

Prije primjene tretmana T11 utvrđeno je prosječno 15 korijenovih izdanaka po stablu s prosječnom visinom od oko 15 cm. Tretman octenom kiselinom koncentracije 5 % je nakon 24 sata pokazao minimalne rezultate sušenja samo rubnih dijelova lista. Tijekom daljnjeg perioda (5 dana, 10 dana) nije došlo do nikakvih promjena u intenzitetu sušenja. Nakon 15 dana istraživanja oštećeni korijenovi izdanci su se u potpunosti regenerirali (Slika 20.).

Ovaj tretman dao je loše rezultate, odnosno koncentracija octene kiseline od 5 % predstavlja nisku dozu za kontrolu i suzbijanje korijenovih izdanaka lijeske.

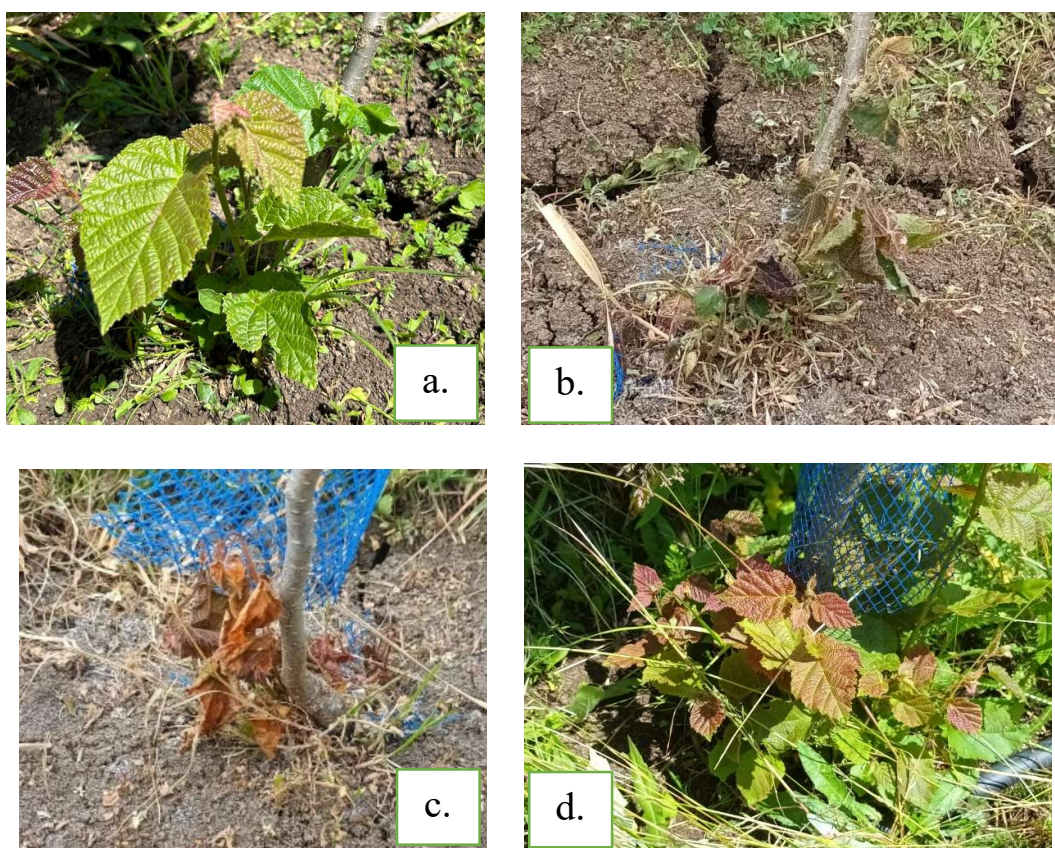


Slika 20. Tretman T11 prije aplikacije (a.) i 24 sata nakon primjene (b.), regeneracija nakon 5 dana (c.) i regeneracija nakon 10 dana (d.), (Gusak, 2024.)

Tretman T12 – 10 % vinska kiselina

Prije primjene tretmana T12 utvrđeno je prosječno 9 korijenovih izdanaka po stablu s prosječnom visinom od oko 12 cm. Tretman vinskom kiselinom pokazao je rezultate već nakon 24 sata, a nakon 5 dana došlo je do potpunog sušenja svih korijenovih izdanaka. Nakon 21 dana došlo je do nicanja novih korijenovih izdanaka (retrovegetacije), a nakon 37 dana došlo je do potpune retrovegetacije korijenovih izdanaka (Slika 21.).

Ovaj tretman je dao dobre rezultate, u potpunosti su osušeni svi korijenovi izdanci. Tretman nije imao negativnog utjecaja na ostale dijelove stabla i sam vigor voćke. Ovaj tretman trebalo bi ponoviti svakih 35 do 40 dana uslijed intenzivnog rasta korijenovih izdanaka.

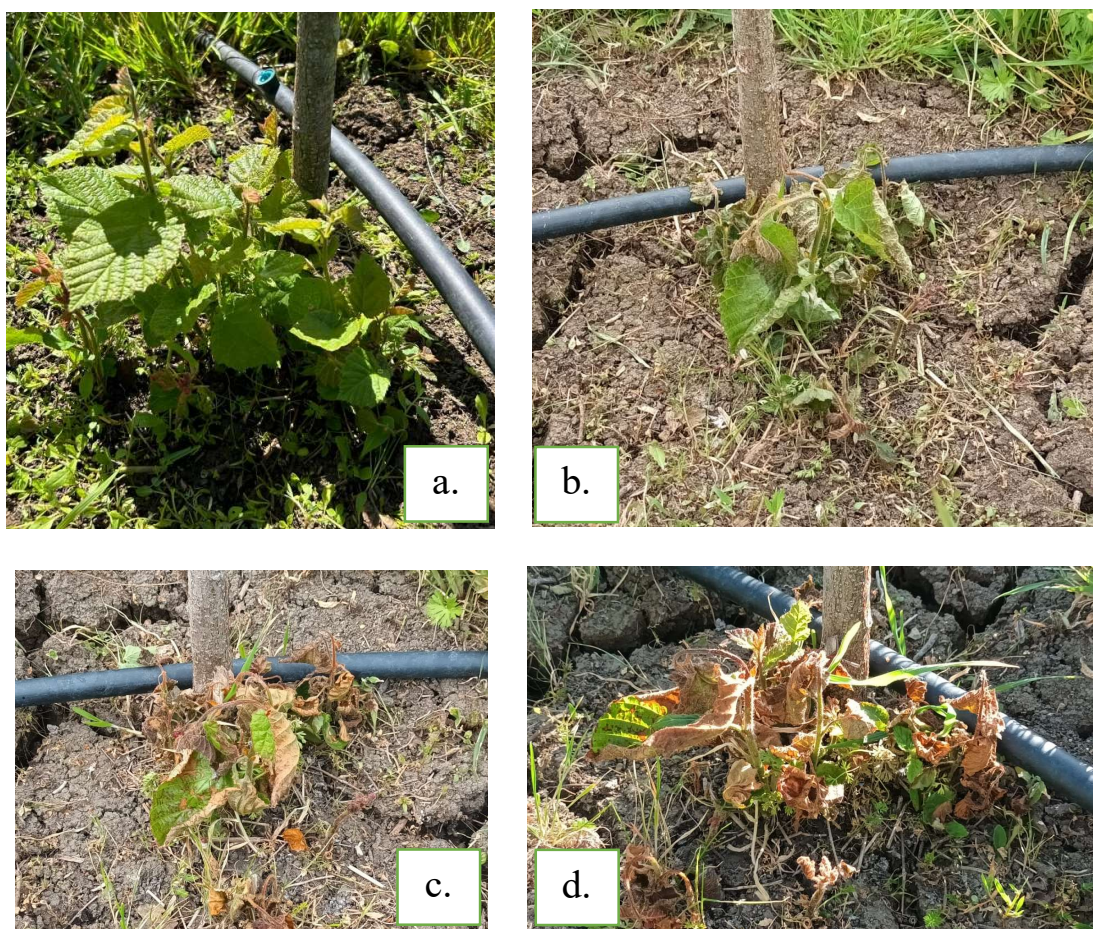


Slika 21. Tretman T12 prije aplikacije (a.) i 24 sata nakon primjene (b.), potpuno sušenje nakon 5 dana (c.) i retrovegetacija nakon 37 dana (d.), (Gusak, 2024.)

Tretman T13 – 5 % vinska kiselina

Prije primjene tretmana T13 utvrđeno je prosječno 12 korijenovih izdanaka po stablu s prosječnom visinom od oko 13 cm. Tretman vinskom kiselinom koncentracije 5 % također je već nakon 24 sata pokazao prve simptome sušenja rubnih dijelova lista i blage znakove venuća na oko 80 % izdanaka. Nakon 10 dana ovih 80 % korijenovih izdanaka se u potpunosti osušilo dok se ostatak potpuno regenerirao (Slika 22.).

Ovaj tretman je dao srednje rezultate, te je koncentracija vinske kiseline od 5 % niska za kontrolu korijenovih izdanaka lijeske.

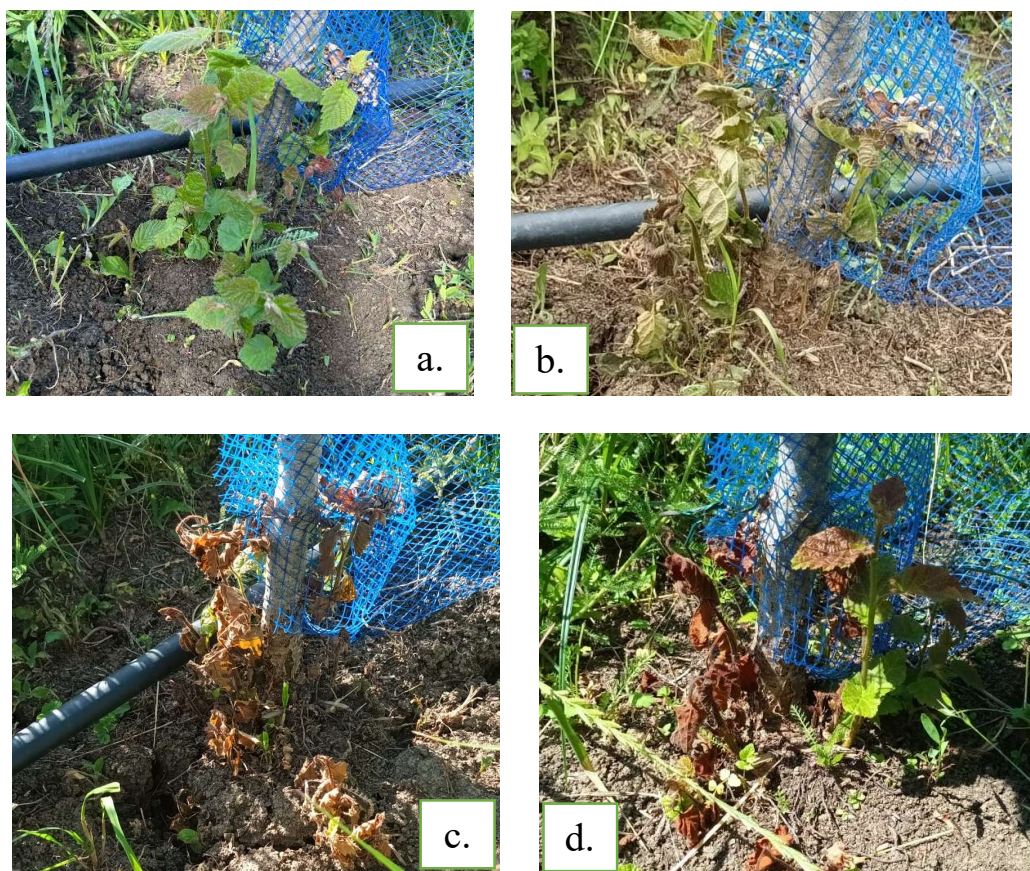


Slika 22. Tretman T13 prije aplikacije (a.) i 24 sata nakon primjene (b.), sušenje 80 % nakon 5 dana (c.) i nakon 10 dana (d.), (Gusak, 2024.)

Tretman T14 – 26,67 % (< 5 % aktivnog klora) natrijev hipoklorit

Prije primjene tretmana T14 utvrđeno je prosječno 10 korijenovih izdanaka po stablu s prosječnom visinom od oko 15 cm. Tretman natrijevim hipokloritom pokazao je simptome sušenja već nakon 24 sata, a 5 dana došlo je do potpunog sušenja svih korijenovih izdanaka. Nakon 15 dana došlo je do nicanja novih korijenovih izdanaka (retrovegetacije), a nakon 37 dana došlo je do potpune retrovegetacije korijenovih izdanaka (Slika 23.).

Ovaj tretman je dao dobre rezultate, osušeni su svi korijenovi izdanci bez negativnog utjecaja na ostale dijelove stabla i vigor biljke. Ovaj tretman trebalo bi ponoviti svakih 35 do 40 dana ovisno o intenzitetu rasta korijenovih izdanaka.



Slika 23. Tretman T14 prije aplikacije (a.) i 24 sata nakon primjene tretmana (b.), sušenje nakon 5 dana (c.) i retrovegetacija nakon 37 dana (d.), (Gusak, 2024.)

Tretman K – ručna kontrola

Prije ručne kontrole utvrđeno je prosječno 9 korijenovih izdanaka po stablu s prosječnom visinom od oko 12 cm. Ručna kontrola je provedena kako bi se mogla usporediti učinkovitost retrovegetacije s ostalim primijenjenim tretmanima, tj. kako bi se utvrdilo da li pojedini tretmani imaju pozitivan učinak na odgodu retrovegetacije ili vremenski period pojavnosti novih izdanaka iz tla. Retrovegetacija kod tretmana K zabilježena je nakon 15 dana kada su uočeni novi izdanci pri bazi stabla, odnosno tla (Slika 24.).



Slika 24. Tretman K prije ručnog uklanjanja izdanaka (a.) i 24 sata nakon uklanjanja (b.), retrovegetacija nakon 15 dana (c.) i potpuna retrovegetacija nakon 37 dana (d.), (Gusak, 2024.)

5. RASPRAVA

Na kraju pokusa niti jedan od tretmana nije ispoljio negativni i/ili fitotoksični učinak primijenjene koncentracije kiselina ili lužine na ostale biljne dijelove (stablo, grane, listove, cvjetove, itd.), odnosno na sam habitus i vigor stabla u tekućoj vegetacijskoj sezoni 2024 godine. U tablici 5. prikazani su podatci vremenskog intervala do potpunog sušenja izdanaka (X1) i retrovegetacije (X2), odnosno trenutka kada su novonastali izdanci dostigli preporučenu veličinu za ponovno suzbijanje i kontrolu.

Tablica 5. Vremenskim intervali do potpunog sušenja izdanaka (X1) i retrovegetacije (X2) u istraživanju

<i>Tretmani</i>	<i>24 h</i>	<i>48 h</i>	<i>72 h</i>	<i>5. dan</i>	<i>10. dan</i>	<i>15. dan</i>	<i>21. dan</i>	<i>23. dan</i>
<i>T1 - mravlja kiselina 10%</i>				X1		X2		
<i>T2 - mravlja kiselina 5%</i>				X1		X2		
<i>T3 - mravlja kiselina 2%</i>					Y 100%			
<i>T4 - oksalna kiselina 10%</i>					X1		X2	
<i>T5 - oksalna kiselina 5%</i>					Y 50%			
<i>T6 - oksalna kiselina 2%</i>					Y 100%			
<i>T7 - solna kiselina 10%</i>				X1				X2
<i>T8 - solna kiselina 5%</i>					X1	X2		
<i>T9 - solna kiselina 2%</i>					Y 50%			
<i>T10 - octena kiselina 10%</i>					Y 30%			
<i>T11 - octena kiselina 5%</i>					Y 100%			
<i>T12 - vinska kiselina 10%</i>				X1			X2	
<i>T13 - vinska kiselina 5%</i>					Y 80%			
<i>T14 - natrijev hipoklorit</i>				X1		X2		
<i>K - Ručna kontrola</i>						X2		

* X1 i X2 – razdoblje između sušenja i retrovegetacije, Y – postotak regeneracije korijenovih izdanaka

Tretmani s mravljom kiselinom u našem istraživanju u koncentraciji od 10 % i 5 % (T1 i T2) rezultirali su potpunim odumiranjem (X1, sušenjem) svih izdanaka nakon 5 dana, dok je retrovegetacija (X2) uočena već nakon 15 dana. Koncentracija mravlje kiseline od 2 % (T3)

nije bila učinkovita jer je došlo do regeneracije svih oštećenih izdanaka (Y 100 %) nakon samo 5 dana. Prema dobivenim rezultatima primjena više koncentracije mravlje kiseline nije opravdana jer je koncentracija od 5 % rezultirala istim učinkom, dok je koncentracija 2 % pre niska za trajna oštećenja izdanaka. Na internetu je vrlo malo informacija o uporabi mravlje kiseline kao potencijalnog herbicidnog pripravka. Jedan od ključnih radova u ovom području je istraživanje, odnosno patent US20070281857A1 iz 2007 godine gdje su testirane različite koncentracije mravlje kiseline na suzbijanje širokog spektra korova. U njihovom patentu (<https://patents.google.com/patent/US20070281857A1/en>) se navodi da koncentracija od 20 % mravlje kiseline pokazuje najbolju učinkovitost s minimalnim ekološkim utjecajem. Također, u istom radu se ističe potreba za daljnjim istraživanjem u poljskim uvjetima kako bi se osigurala sigurnost i učinkovitost primjene mravlje kiseline u različitim agroekosustavima. Naši rezultati nisu u suglasnosti s navedenim patentom, odnosno koncentracija od 5 % mravlje kiseline na tretmanu T2 vrlo je učinkovita u kontroli korijenovih izdanaka lijeske.

Oksalna kiselina u našem istraživanju u koncentraciji od 10 % (T4) bila je najučinkovitija u odnosu na ostale niže koncentracije ove kiseline (T5 – 5 % i T6 – 2 %). U odnosu na mravlju kiselinu kod oksalne kiseline do potpunog sušenja izdanaka na tretmanu T4 (10 %) došlo je tek nakon 10 dana što ukazuje na duži vremenski interval do odumiranja izdanaka, međutim isto je utjecalo na duži vremenski period do pojave retrovegetacije koja je opažena tek nakon 21 dana. Niže koncentracije oksalne kiseline na tretmanima T5 – 5 % i T6 – 2 % nisu bile učinkovite u kontroli izdanaka lijeske. Na ovim tretmanima (T5 i T6) došlo je do regeneracije izdanaka nakon 10 dana. Oksalna kiselina može uzrokovati oštećenja na biljnom tkivu, što dovodi do supresije rasta izdanaka ili korova. Pojedina istraživanja su pokazala da oksalna kiselina može biti učinkovita, ali također može izazvati toksične učinke na okolni ekosustav ako nije pravilno primijenjena. Oksalna kiselina se koristi u kontroliranim manjim količinama kao sredstvo protiv štetočina u pčelarstvu, što dodatno ukazuje na njezinu složenost u ekološkim primjenama. Njena upotreba zahtijeva pažljivo upravljanje zbog potencijalne korozivnosti i rizika za ljudsko zdravlje. Patent US6992045B2 ukazuje da se oksalna kiselina treba koristiti u koncentracijama koje su biološki učinkovite te da se obavezno razrijeđuje s vodom. Specifična učinkovita koncentracija u ovom patentu (<https://patents.google.com/patent/US6992045B2/en>) nije točno definirana, ali je općenito oksalna kiselina rezultirala učinkovito u kontroli rasta biljaka u usporedbi s kontrolom bez kiseline. Patent EP1389912B1 (<https://patents.google.com/patent/EP1389912B1/en>) ukazuje da bi u tekućem obliku težinski omjer ukupnog surfaktanta i oksalne kiseline trebao

biti između 5:1 i 40:1, dok za formulaciju kao suhog herbicida (prah, kristali) predlaže težinski omjer ukupnog surfaktanta i praškaste oksalne kiseline između 1:1 i 5:1, s najpoželjnijim omjerom od 1:1 do 3:1. Naše istraživanje ukazuje na potencijal primjene oksalne kiseline u koncentraciji od 10 % u kontroli korijenovih izdanaka lijeske (Tablica 5.).

Tretmani sa solnom kiselinom u našem istraživanju u koncentraciji od 10 % (T7) i 5 % (T8) bili su učinkovitiji od najniže primijenjene koncentracije solne kiseline od 2 % na tretmanu T9 (Tablica 5.). Razlika u učinkovitosti između koncentracija od 10 % i 5 % bila je u vremenskom intervalu do potpunog sušenja (X1) i retrovegetaciji (X2). Tretman s višom koncentracijom od 10 % solne kiseline (T7) osušio je sve izdanke nakon 5 dana, dok je retrovegetacija zabilježena tek nakon 23 dana što ovaj tretman čini najučinkovitijim po pitanju retrovegetacije. Niža koncentracija solne kiseline od 5 % (T8) osušila je izdanke nakon 10 dana, a retrovegetacija je zabilježena već u 15-om danu. Najniža koncentracija solne kiseline od 2 % (T9) nije bila učinkovita u sušenju izdanaka (50 % regeneracija izdanaka). Istraživanja o upotrebi solne ili klorovodične kiseline (HCl) kao herbicida su ograničena, ali neke studije ukazuju na njenu učinkovitost u kombinaciji s drugim spojevima. Studija je pokazala da se klorovodična kiselina može koristiti zajedno s octenom kiselinom za pojačavanje herbicidnog učinka. Formulacija opisana u patentu WO2019056065A1 sugerira da klorovodična kiselina, kada se pomiješa s octenom kiselinom i drugim komponentama, može ispoljiti herbicidnu aktivnost pri koncentracijama HCl od oko 5 % do 10 %, iako konkretne optimalne koncentracije nisu detaljno navedene (<https://patents.google.com/patent/WO2019056065A1/en>). Rezultati u našem istraživanju slažu se s navodima u patentu jer su koncentracije od 5 do 10 % rezultirale sušenjem i odumiranjem dijela (T8 – 5 %) ili svih (T7 – 10 %) korijenovih izdanaka (Tablica 5.).

Tretmani s octenom kiselinom (Tablica 5.) u našem istraživanju nisu rezultirali zadovoljavajućim učinkom po pitanju kontrole i odumiranja oštećenih korijenovih izdanaka (T10 i T11). Na oba tretmana s octenom kiselinom došlo je do regeneracije 30 % oštećenih izdanaka na tretmanu s 10 % octene kiseline (T10) i potpune regeneracije (100 %) na tretmanu s 5 % (T11) octene kiseline. Rezultati govore da je koncentracija octene kiseline od 10 % bila niska te je potrebno provjeriti učinkovitost većih koncentracija ove kiseline. Pojedina istraživanja ukazuju da octena kiselina, glavna komponenta octa, može biti učinkovit herbicid ako se koristi u pravim koncentracijama. Mat Sani i sur., (2022.) iznose da je organski herbicidi s 1 – 2 % octene kiseline bio 90 % učinkovit u kontroli korova. Istraživači sa Sveučilišta Montana State 2021. godine primijetili su da ocat s višom

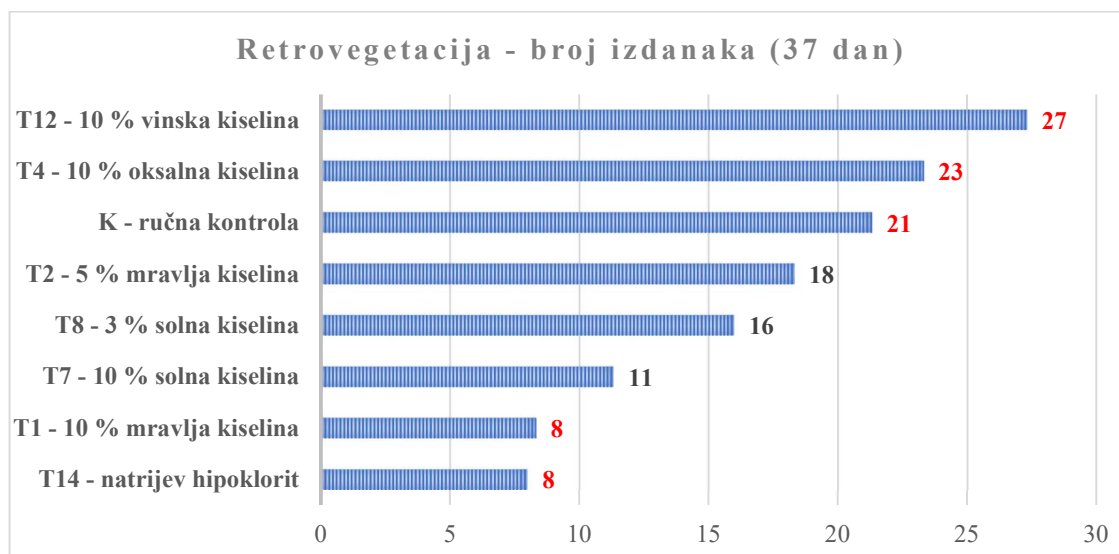
koncentracijom octene kiseline od 20 % do 30 % učinkovito kontrolira rast korova za razliku od kućnog octa koji je obično 5 % octene kiseline (<https://www.montana.edu/extension/invasiveplants/extension/monthly-weed-posts/2021-june-does-vinegar-kill-weeds.html>). Chinery (2002.) iznosi da je tretman s 20 % octene kiseline osigurao 90 % kontrolu korova kroz devet tjedana, dok je tretman s 5% octene kiseline također osigurao 90 % kontrolu korova ali kroz pet tjedana. Patent WO2019056065A1 (<https://patents.google.com/patent/WO2019056065A1/en>) sugerira da octena kiselina, kada se pomiješa s klorovodičnom kiselinom, limunskom kiselinom i metalnim solima može ispoljiti herbicidnu aktivnost u koncentracijama od oko 5 % do 10 %. Naše istraživanje sugerira na potencijal ovih koncentracija ali samo u kombinaciji s navedenim kiselinama. Sumarno, octena kiselina može biti učinkovit herbicid, efikasne koncentracije za učinkovitu kontrolu kreću se od najmanje 10 do 20 %, dok niže koncentracije od 5 % osiguravaju vrlo kratkoročni učinak. Odgovarajuće vrijeme primjene i ponovljeni tretmani su važni faktori.

Tretman s vinskom kiselinom u koncentraciji od 10 % (T12) u našem istraživanju rezultirao je potpunim sušenjem izdanaka nakon 5 dana, dok je retrovegetacija uočena tek nakon 21 dana (Tablica 5.). Niža koncentracija vinske kiseline od 5 % na tretmanu T3 nije bila učinkovita, odnosno nakon 10 dana došlo je do regeneracije 80 % oštećenih izdanaka (kratkoročni učinak). Vinska kiselina pokazuje potencijal u učinkovitosti kao herbicidni pripravak, ali nedostaju istraživanja o njenoj samostalnoj upotrebi kao herbicidnog preparata. Dostupne studije više se fokusiraju na njezine sinergijske učinke u kombinaciji s drugim spojevima (<https://patents.google.com/patent/KR100736176B1/en>) i njene primjene u fitoremedijaciji (Yuan i sur., 2024.).

Tretman s natrijevim hipokloritom (T14) također je rezultirao vrlo učinkovito. Svi izdanci osušeni su kroz 5 dana dok je retrovegetacija uočena nakon 15 dana. Istraživanja o upotrebi natrijevog hipoklorita (NaOCl) kao herbicidnog pripravka također su ograničena. Crafts, (1935.) prvi je proučavao natrijev hipoklorit zbog svojih herbicidnih svojstava. Autor iznosi da je spoj fitotoksičan za različita biljna tkiva, što ga ujedno čini dobrim kandidatom za upotrebu kao kontaktni herbicid. Međutim, njegova učinkovitost može varirati ovisno o metodama primjene i uvjetima okoline. Natrijev hipoklorit iako nije prirodni proizvod, sve se više uključuje u rasprave o alternativnim herbicidima uslijed svojih kemijskih svojstava i potencijala za upotrebu u kontekstu organske poljoprivrede (Win i sur., 2023.). U istraživanju (Lykogianni i sur., 2023.) primarni cilj bio je procijeniti kako primjena

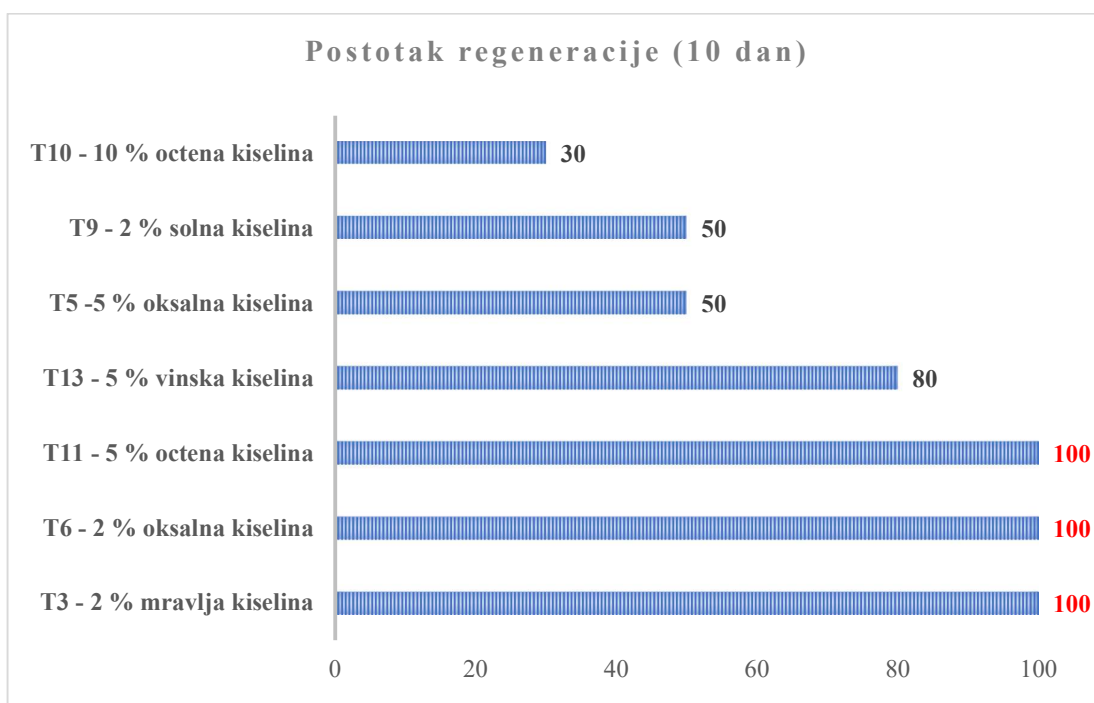
natrijevog hipoklorita utječe na rast, nutritivni status, prinos i sigurnost rajčica s posebnim naglaskom na potencijal za kontrolu patogena u recikliranim hranjivim otopinama koje se koriste u uzgoju bez tla (hidropon). Studija je zaključila da primjena 2,5 mg/L klora je značajno povećala ukupnu proizvodnju utrživih plodova rajčice bez negativnog utjecaja na rast biljaka ili parametre izmjene plinova. Naglašavaju da u ubranim plodovima nisu otkriveni ostaci klora ili perklorata, što ukazuje da su proizvedene rajčice bile sigurne za konzumaciju. Rezultati sugeriraju da natrijev hipoklorit može biti učinkovito dezinfekcijsko sredstvo u sustavima uzgoja bez tla, pridonoseći poboljšanom prinosu, a istodobno osigurava sigurnost potrošača. Naše istraživanje također sugerira na visoku učinkovitost natrijevog hipoklorita u kontroli korijenovih izdanaka lijeske (Tablica 5.).

Na kraju pokusa prebrojani su svi novonastali izdanci te je utvrđen intenzitet retrovegetacije na tretmanima koji su potpuno osušili izdanke (Grafikon 2.). Prema grafikonu 2. najveći broj izdanaka zabilježen je na tretmanima T12 (10 % vinska kiselina, 27 izdanaka) i T4 (10 % oksalna kiselina, 23 izdanaka), a broj izdanaka je ujedno bio i veći u odnosu na kontrolni tretman K (21 izdanak). Mišljenja smo da ove koncentracije vinske i oksalne kiseline od 10 % utječu na pojačanu retrovegetaciju, odnosno da forsiraju nastanak većeg broja izdanaka. Najmanji broj novih izdanaka na kraju istraživanja zabilježen je na tretmanu T14 (natrijev hipoklorit, 8 izdanaka) i T1 (10 % mravlja kiselina, 8 izdanaka). Također i ostali tretmani T7 (10 % solna kiselina, 11 izdanaka), T8 (3 % solna kiselina, 16 izdanaka) i T2 (5 % mravlja kiselina, 18 izdanaka) bili su učinkovitiji po pitanju retrovegetacije (Grafikon 2.) u odnosu na kontrolu (ručno uklanjanje, 21 izdanak).



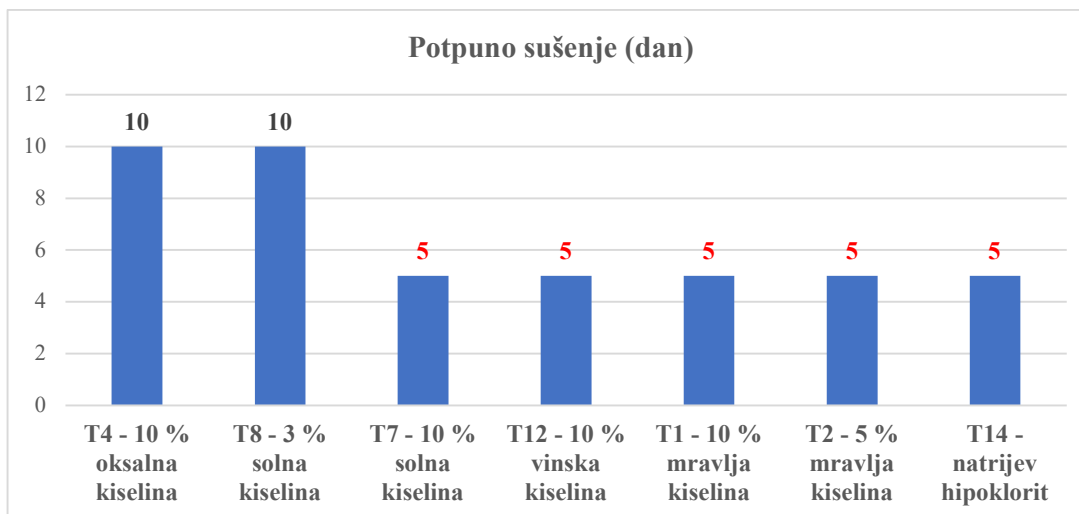
Grafikon 2. Prosječan broj izdanaka na kraju istraživanja - retrovegetacija (37 dan)

Regeneracija oštećenih izdanaka na tretmanima koji nisu bili učinkoviti na sušenje izdanaka prikazana je u grafikonu 3. Tretmani T3 (2 % mravlja kiselina), T6 (2 % oksalna kiselina) i T11 (5 % octena kiselina) bili su najlošiji po pitanju regeneracije, odnosno regenerirani su svi izdanci kroz 10 dana (100 % regeneracija). Na tretmanu T13 (5 % vinska kiselina) regenerirano je 80 % izdanaka, na tretmanima T5 (5 % oksalna kiselina) i T9 (2 % solna kiselina) 50 % izdanaka i tretmanu T10 (10 % octena kiselina) 30 % izdanaka. Svi navedeni tretmani nisu bili učinkoviti na sušenje korijenovih izdanaka te su izuzeti iz promatranja u daljem periodu istraživanja. Iz navedenih rezultata vidljivo je da se radi o nižim koncentracijama mravlje, oksalne i solne kiseline od 2 %, zatim octene, vinske i oksalne kiseline od 5 % i octene kiseline od 10 %. Navedene koncentracije kiselina nisu učinkovite u supresiji i kontroli korijenovih izdanaka lijeske.



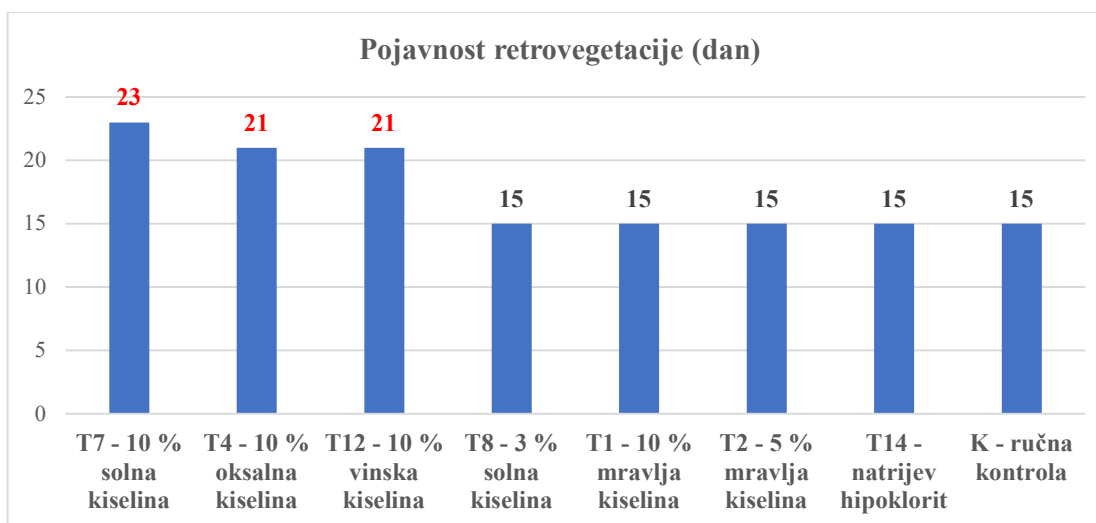
Grafikon 3. Regeneracija oštećenih izdanaka kroz 10 dana (u %)

Učinkovitost primijenjenih tretmana na broj dana do potpunog sušenja (učinkoviti tretmani) vidljiva je u grafikonu 4. Tretmani T1 (10 % mravlja kiselina), T2 (5 % mravlja kiselina), T7 (10 % solna kiselina), T12 (10 % vinska kiselina) i T14 (natrijev hipoklorit) rezultirali su najbržim sušenjem svih izdanaka nakon svega 5 dana. Tretmani T4 (10 % oksalna kiselina) i T8 (3 % solna kiselina) osušili su sve izdanke ali kroz nešto duži period od 10 dana. Potrebno je napomenuti kako su se simptomi sušenja na ovim tretmanima pojavili već nakon 24 sata od trenutka aplikacije.



Grafikon 4. Učinkovitost tretmana na intenzitet sušenja po danu

Najdulji period (broj dana) do pojavnost novih izdanaka, odnosno retrovegetacije zabilježen je na tretmanu T7 (10 % solna kiselina) te je iznosio 23 dana. Također i na tretmanima T4 (10 % oksalna kiselina) i T12 (10 % vinska kiselina) retrovegetacija je uočena tek nakon 21 dana. Ostali tretmani (T8, T1, T2 i T14) bili su u razini kontrolnog tretmana K po pitanju pojavnosti retrovegetacije koja je uočena nakon 15 dana (Grafikon 5.).



Grafikon 5. Učinkovitost tretmana na pojavnost novih izdanaka - retrovegetaciju (dan)

Gledajući učinkovitost primijenjenih tretmana po pitanju intenziteta sušenja (broj dana do potpunog sušenja, Grafikon 4.), pojavnosti retrovegetacije (broj dana do pojave novih izdanaka, Grafikon 5.) te intenzitet retorvegetacije na kraju pokusa (broj novih izdanaka

nakon 35 dana, Grafikon 3.) tretman T7 koji je sadržavao solnu kiselinu u koncentraciji od 10 % ispoljio je najbolje rezultate. Ovaj tretman potpuno je osušio sve izdanke kroz 5 dana, novi izdanci zabilježeni su tek nakon 23 dana, a intenzitet retrovegetacije, odnosno broja novih izdanaka potrebnih za uklanjanje bio je svega 11.

Također i učinkovitost ostalih tretmana koji su osušili sve izdanke (T1, T2, T4, T8, T12 i T14) bila je vrlo visoka. Oksalna i vinska kiselina u koncentraciji od 10 %, mravlja u koncentraciji 5 % i solna kiselina u koncentraciji od 3 % vrlo su učinkovite na supresiju i kontrolu korijenovih izdanaka lijeske. U budućim istraživanjima mogao bi se ispitati i utjecaj nižih raspona ispitivanih ali učinkovitih koncentracija ovih kiselina kako bi donijeli još preciznije podatke, a samim time i smanjili negativni utjecaj ovih kiselina na okoliš.

Zaključno, učinkovitost ovih kiselina svakako ovisi o biljnoj vrsti ili korovu, stadiju rasta biljke i vremenskim uvjetima u trenutku primjene sredstva. Naši rezultati iznose visoku učinkovitost primijenjenih kiselina i njihovih koncentracija na supresiju (sušenje) mladih zeljastih biljaka u ranoj fazi rasta (korijenovi izdanci lijeske). S obzirom na prirodnu razgradnju kiselina, smatramo da je njihov utjecaj na okoliš značajno manji u usporedbi s tradicionalnim herbicidima (npr. glifosat). Međutim za potvrdu ove teze potrebna su daljnja istraživanja kako bi se utvrdio dugoročni utjecaj primijenjenih kiselina i njihovih koncentracija na smo okolno tlo i ne ciljane biljne vrste. Nadalje, učinkovitost ovih kiselina uvelike ovisi i o načinu primijene. U našem istraživanju kiseline smo primijenili folijarno, ručnom prskalicom. Iako su ove kiseline učinkovite, mišljenja smo da njihova primjena u voćarstvu može biti ograničena uslijed potencijalno korozivnog učinka na opremu i mehanaizaciju za prskanje (atomizeri i traktori), a pogotovo rizika za ljude pri rukovanju s visokim koncentracijama kiselina.

Saznanja u ovom diplomskom radu predstavljaju nove i vrlo vrijedne spoznaje za buduća istraživanja, a ista bi se trebala usmjeriti ispitivanju utjecaja ovih kiselina i njihovih koncentracija na ljudsku sigurnosti i okoliš te specifične kompatibilnosti kiselina s biljkama na koje se apliciraju.

Važno je napomenuti i da ove kiseline **!!! nisu dopuštene !!!** u našoj zemlji za primijenu u voćarstvu, ali npr. mravlja i oksalna kiselina su dopuštene za upotrebu u ekološkom i konvencionalnom pčelarstvu (suzbijanje nametnika pčela, grinja *Varroa destructor*). Obje kiseline su prirodne tvari koje se mogu naći u okolišu i u samom medu, zbog čega su prihvatljive u ekološkom pčelarstvu. Mnoge tvari koje su dopuštene u jednom sektoru

poljoprivrede nisu nužno dopuštene u drugom zbog različitih bioloških učinaka. Ekološka poljoprivreda ima različite zahtjeve i standarde, što dovodi i do razlika u dopuštenim sredstvima. U Hrvatskoj ekološkoj voćarskoj proizvodnji, ekološko sredstvo koje se koristi mora biti registrirano za tu namjenu. To znači da poljoprivrednici ne mogu koristiti bilo koje ekološko ili organsko sredstvo bez provjere njegove registracije i namjene. Prema pravilima ekološke poljoprivrede, sredstva koja se koriste za zaštitu bilja, gnojidbu, poboljšanje tla ili druge agrotehničke mjere moraju biti odobrena i registrirana prema važećim zakonima i propisima u Republici Hrvatskoj. Drugim riječima, to moraju biti sredstva koja su certificirana za upotrebu u ekološkoj poljoprivredi i koja se nalaze na popisu dopuštenih sredstava za ekološku proizvodnju. Sredstva koja se koriste u ekološkoj poljoprivredi moraju ispunjavati stroge standarde kako bi bila sigurna za okoliš i korisna za proizvodnju. Nepridržavanje ovih pravila može dovesti do gubitka ekološkog certifikata za proizvođača.

6. ZAKLJUČAK

Upotreba alternativnih strategija kontrole izdanaka lijeske može smanjiti ili u potpunosti eliminirati potrebu za kemijskim herbicidima, smanjiti ovisnost o fosilnim gorivima i ublažiti degradaciju okoliša, čime se povećava održivost agroekosustava.

Na temelju dobivenih rezultata ovoga diplomskog rada donose se sljedeći zaključci:

- Na kraju pokusa niti jedan od tretmana nije ispoljio negativni i/ili fitotoksični učinak primijenjene koncentracije kiselina ili lužine na ostale biljne dijelove (stablo, grane, listove, cvjetove, itd.), odnosno na sam habitus i vigor stabla u tekućoj vegetacijskoj sezoni 2024 godine.
- Gledajući učinkovitost primijenjenih tretmana po pitanju intenziteta sušenja (broj dana do potpunog sušenja), pojavnosti retrovegetacije (broj dana do pojave novih izdanaka) te intenzitet retorvegetacije na kraju pokusa (broj novih izdanaka nakon 35 dana) tretman koji je sadržavao solnu kiselinu u koncentraciji od 10 % dao je najbolje rezultate. Ovaj tretman potpuno je osušio sve izdanke kroz 5 dana, novi izdanci zabilježeni su tek nakon 23 dana, a intenzitet retrovegetacije, odnosno broja novih izdanaka potrebnih za uklanjanje bio je svega 11 izdanaka.
- Također i učinkovitost ostalih tretmana koji su osušili sve izdanke bila je vrlo visoka. Oksalna i vinska kiselina u koncentraciji od 10 %, mravlja u koncentraciji 5 % i solna kiselina u koncentraciji od 3 % vrlo su učinkovite na supresiju i kontrolu korijenovih izdanaka lijeske.
- Niže koncentracije mravlje, oksalne i solne kiseline od 2 %, zatim octene, vinske i oksalne kiseline od 5 % i octene kiseline od 10 % nisu bile učinkovite u supresiji i kontroli korijenovih izdanaka lijeske te su izuzete iz daljnje evaluacije.
- Tretman s natrijevim hipokloritom također je rezultirao vrlo učinkovito na sušenje i kontrolu korijenovih izdanaka. Natrijev hipoklorit iako nije prirodni proizvod, sve se više uključuje u rasprave o alternativnim herbicidima uslijed svojih kemijskih svojstava i potencijala za upotrebu u kontekstu organske poljoprivrede. Naše istraživanje također sugerira na visoku učinkovitost natrijevog hipoklorita u kontroli korijenovih izdanaka lijeske.
- Učinkovitost primijenjenih tretmana na broj dana do potpunog sušenja (učinkoviti tretmani): 5 i 10 % mravlja kiselina, 10 % solna kiselina, 10 % vinska kiselina te natrijev hipoklorit rezultirali su najbržim sušenjem svih izdanaka nakon svega 5 dana. Tretmani

10 % oksalna kiselina i 3 % solna kiselina osušili su sve izdanke ali kroz nešto duži period od 10 dana. Potrebno je napomenuti kako su se simptomi sušenja na ovim tretmanima pojavili već nakon 24 sata od trenutka aplikacije.

- Najdulji period (broj dana) do pojavnosti novih izdanaka, odnosno retrovegetacije zabilježen je na tretmanu s 10 % solne kisline te je iznosio 23 dana. Također i na tretmanima s 10 % oksalne kiseline i 10 % vinske kiseline retrovegetacija je uočena tek nakon 21 dana. Ostali tretmani bili su u razini kontrolnog tretmana K (15 dana).
- Najveći broj izdanaka na kraju pokusa (retrovegetacija) u odnosu na kontrolni tretman (21 izdanak) zabilježen je na tretmanima: 10 % vinska kiselina (27 izdanaka) i 10 % oksalna kiselina (23 izdanaka). Mišljenja smo da ove koncentracije vinske i oksalne kiseline od 10 % utječu na pojačanu retrovegetaciju, odnosno da forsiraju nastanak većeg broja izdanaka.
- Najmanji broj novih izdanaka na kraju istraživanja zabilježen je na tretmanima: natrijev hipoklorit (8 izdanaka) i 10 % mravlja kiselina (8 izdanaka). Također i ostali tretmani: 10 % solna kiselina (11 izdanaka), 3 % solna kiselina (16 izdanaka) i 5 % mravlja kiselina (18 izdanaka) bili su učinkoviti po pitanju retrovegetacije u odnosu na kontrolu (ručno uklanjanje, 21 izdanak).
- U budućim istraživanjima mogao bi se ispitati utjecaj nižih raspona učinkovitih koncentracija ovih kiselina kako bi donijeli još preciznije podatke, a samim time i smanjili negativni utjecaj na okoliš.
- Učinkovitost ispitivanih kiselina ovisi o biljnoj vrsti, stadiju rasta biljke i vremenskim uvjetima u trenutku primjene sredstva. Naši rezultati iznose visoku učinkovitost primijenjenih kiselina i njihovih koncentracija na supersiju (sušenje) mladih zeljastih biljaka u ranoj fazi rasta (korijenovi izdanci lijeske).
- S obzirom na prirodnu razgradnju kiselina, smatramo da je njihov utjecaj na okoliš značajno manji u usporedbi s tradicionalnim herbicidima (npr. glifosat).
- Međutim za potvrdu ove teze potrebna su daljnja istraživanja kako bi se utvrdio dugoročni utjecaj primijenjenih kiselina i njihovih koncentracija na smo okolno tlo i ne ciljane biljne vrste.
- Učinkovitost ispitivanih kiselina uvelike ovisi i o načinu primijene. U našem istraživanju kiseline smo primijenili folijarno, ručnom prskalicom. Iako su ove kiseline učinkovite, mišljenja smo da njihova primjena u voćarstvu može biti ograničena uslijed potencijalno

korozivnog učinka na opremu i mehanizaciju za prskanje (atomizeri i traktori), a pogotovo rizika za ljude pri rukovanju s visokim koncentracijama kiselina.

- Rezultati u ovom diplomskom radu predstavljaju nove i vrlo vrijedne spoznaje za buduća istraživanja, a ista bi se trebala usmjeriti ispitivanju ujecaja ovih kiselina i njihovih koncentracija na ljudsku sigurnosti i okoliš te specifične kompatibilnosti kiselina s biljkama na koje se apliciraju.
- Važno je napomenuti i da ove kiseline !!! nisu dopuštene !!! u našoj zemlji za primijenu u voćarstvu, a mnoge tvari koje su dopuštene u jednom sektoru poljoprivrede nisu nužno dopuštene u drugom zbog različitih bioloških učinaka (mravlja i oksalna – pčelarstvo).
- U Hrvatskoj ekološkoj voćarskoj proizvodnji, ekološko sredstvo koje se koristi mora biti registrirano za tu namjenu te se nalaziti na popisu dopuštenih sredstava za ekološku proizvodnju. Sredstva koja se koriste u ekološkoj poljoprivredi moraju ispunjavati stroge standarde kako bi bila sigurna za okoliš i korisna za proizvodnju. Nepridržavanje ovih pravila može dovesti do gubitka ekološkog certifikata za proizvođača.

7. POPIS LITERAURE

1. Abouziena, H.F., Haggag, W.M. (2016.): Weed control in clean agriculture: a review. *Planta daninha*, 34(2), 377-392.
2. Alberghina, O. (1979.): Prova comparativa con diversi erbicidi per il controllo dell'attività pollonifera del nocciolo. Atti del Convegno Nazionale "Il miglioramento della coltura del mandorlo e del nocciolo. Aspetti genetici e tecnici". Messina e Siracusa, 203-220.
3. Bayram, M.S., Arslan, Z.F. (2023.): Sustainable Management of Sucker Problem in Hazelnut Cultivation. *Black Sea Journal of Agriculture*, 6(6), 742-748.
4. Beyhan, N., Serdar, Ü., Demir, T. (1996.): 2, 4-D ve Paraquat'ın fındık dip sürgünü kontrolünde kullanılabilme olanağı. *Fındık ve Diğer Sert Kabuklu Meyveler Sempozyumu, January*, 5-7.
5. Botterill, T., Paulin, S., Green, R., Williams, S., Lin, J., Saxton, V., Corbett-Davies, S. (2017.): A robot system for pruning grape vines. *Journal of Field Robotics*, 34(6), 1100-1122.
6. Cerovic, S., Ninic-Todorovic, J., Golosin, B., Ognjanov, V., Bijelic, S. (2007.): Production technology of young hazelnut trees grafted on Turkish filbert (*Corylus columna* L.). *Acta Horticulturae*, 732, 355.
7. Charudattan, R. (1991.): The mycoherbicide approach with plant pathogens. In *Microbial control of weeds* (pp. 24-57). Boston, MA: Springer US.
8. Charudattan, R., Dinooor, A. (2000.): Biological control of weeds using plant pathogens: accomplishments and limitations. *Crop Protection*, 19(8-10), 691-695.
9. Chinery, D. (2002.): Using acetic acid (vinegar) as a broad-spectrum herbicide. *Cooperatif Extension Educator, Cornell Cooperative Extension of Rensselaer Country*, 61.
10. Colorio, G., Tomasone, R., Pagano, M., Cedrola, C. (2006.): La meccanizzazione come mezzo di riduzione della contaminazione da prodotti fitosanitari. *Il perito Agrario*, 53(4), 10-18.
11. Crafts, A.S. (1935.): Factors influencing the effectiveness of sodium chlorate as a herbicide.
12. Creech, C.F., Henry, R.S., Fritz, B.K., Kruger, G.R. (2015.): Influence of herbicide active ingredient, nozzle type, orifice size, spray pressure, and carrier volume rate on spray droplet size characteristics. *Weed technology*, 29(2), 298-310.

13. Cristofori, V., Bizzarri, S., Silvestri, C., Muleo, R., Rugini, E., De Salvador, F.R. (2014.): First evaluations on vegetative and productive performance of many hazelnut cultivars in Latium region. *Acta Horti*, 1052, 91-97.
14. Cristofori, V., Pica, A.L., Silvestri, C., Bizzarri, S. (2017.): Phenology and yield evaluation of hazelnut cultivars in Latium region. In IX International Congress on Hazelnut 1226 (pp. 123-130).
15. De Salvador, F.R., Lolletti, D., Sabelli, A. (2008.): Current progress in the hazelnut breeding program at the fruit tree research centre-Rome. In VII International Congress on Hazelnut 845 (pp. 133-138).
16. De Souza, L.L., Moretti, M.L. (2020.): Chemical control of suckers in hazelnut orchards of western Oregon. *Weed Technology*, 34(6), 863-869.
17. De-An, Z., Jidong, L., Wei, J., Ying, Z., Yu, C. (2011.): Design and control of an apple harvesting robot. *Biosystems engineering*, 110(2), 112-122.
18. Dolci, M., Schellino, L., Radicati, L. (2000.): Control of sucker growth in hazelnut with esters of 1-naphthylacetic acid. In V International Congress on Hazelnut 556 (pp. 431-436).
19. Dolci, M., Radicati di Brozolo, L., Schellino, L. (2004.): Further experiments on control of sucker growth in hazelnuts (*Corylus avellana* L.) with new esters of 1-naphthylacetic acid. In VI International Congress on Hazelnut 686 (pp. 271-276).
20. Farinelli, D., Boco, M., Tombesi, A. (2008.): Productive and organoleptic evaluation of new hazelnut crosses. In VII International Congress on Hazelnut 845 (pp. 651-656).
21. Franco, S., Pancino, B. (2008.): Economic result of organic hazelnut cultivation in the Monti Cimini area. In VII International Congress on Hazelnut 845 (pp. 783-788).
22. Geraci, G., Baratta, B. (1973.): Malerbe e polloni del nocciolo controllati bene dai diserbanti. *L'inform Agr*, 29, 27-30.
23. Germain, E. (1973.): La culture intensive du noisetier. Quelques techniques culturales à appliquer. In *Le Noisetier* (pp. 63-71). Malemort-sur-Corrèze: INVUFLEC.
24. Hill, R.J., King, D.R., Zollinger, R., Moretti, M.L. (2021.): 1-Naphthaleneacetic acid (NAA) reduces sucker growth in European hazelnut (*Corylus avellana* L.). *HortScience*, 56(12), 1594-1598.
25. İlkyaz, H. (1986.): Doğu Karadeniz Bölgesi'nde çay ve fıncığın üretim girdi ve maliyetleri. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın, (38).

26. Kang, F., Wang, H., Pierce, F.J., Zhang, Q., Wang, S. (2012.): Sucker detection of grapevines for targeted spray using optical sensors. *Transactions of the ASABE*, 55(5), 2007-2014.
27. Kaya-Altop, E., Haghnama, K., Sariaslan, D., Phillippo, C.J., Mennan, H., Zandstra, B.H. (2016.): Long-term perennial weed control strategies: economic analyses and yield effect in hazelnut (*Corylus avellana*). *Crop Protection*, 80, 7-14.
28. Kerr, R.E. (1953.): A machine and chemical sprays to control filbert sprouts. *Proc. Nut Grow. Soc. Ore. Wash*, 39, 187-189.
29. Kılıç, O., Demir, T. (2004.): Türkiye’de fındık yetiştiriciliğinin yapısal özellikleri, girdi kullanımı ve maliyet unsurları. 3. Milli Fındık Şürası, 10-14.
30. Kilic, O., Ceyhan, V., Alkan, I. (2009.): Determinants of economic efficiency: A case study of hazelnut (*Corylus avellana*) farms in Samsun Province, Turkey. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 37(3), 263-270.
31. Knoche, M. (1994.): Effect of droplet size and carrier volume on performance of foliage-applied herbicides. *Crop protection*, 13(3), 163-178.
32. Koksal, I., Gunes, N.T., Solar, A. (2008.): Descriptors for Hazelnut (*Corylus avellana* L.). Rome.
33. Korać, M., Slović, D. (1974.): Uticaj nekih faktora na uspeh kalemljenja leske.
34. Lagerstedt, H. (1990.): Filbert rootstock and cultivar introductions in Oregon.
35. Li, Y., Sun, Z., Zhuang, X., Xu, L., Chen, S., Li, M. (2003.): Research progress on microbial herbicides. *Crop protection*, 22(2), 247-252.
36. Limongelli, F. (1983.): Further knowledges about the chemical control of the suckering of the filbert. *Atti Convegno Internazionale sul Nocciuolo. Avellino*, 22-24.
37. Lykogianni, M., Bempelou, E., Karavidas, I., Anagnostopoulos, C., Aliferis, K.A., Savvas, D. (2023.): Impact of sodium hypochlorite applied as nutrient solution disinfectant on growth, nutritional status, yield, and consumer safety of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit produced in a soilless cultivation. *Horticulturae*, 9(3), 352.
38. Me, G., Radicati, L., Romisondo, P., Botta, R., Mannino, P. (1987). OBTAINING NON-SUCKERING PLANTS OF HAZELNUT CV TONDA GENTILE DELLE LANGHE BY GAMMA-RADIATION. *Fruit Breeding* 224, 413-420.
39. Mehlenbacher, S.A., Smith, D.C. (1992.): Effect of spacing and sucker removal on precocity of hazelnut seedlings.
40. Mercanlıgil, S.M., Arslan, P., Alasalvar, C., Okut, E., Akgül, E., Pınar, A., Shahidi, F. (2007.): Effects of hazelnut-enriched diet on plasma cholesterol and lipoprotein profiles

- in hypercholesterolemic adult men. *European journal of clinical nutrition*, 61(2), 212-220.
41. Meyers, J.M., Faucett, J., Tejada, D.G., Kabashima, J., Miles, J.A., Janowitz, I., Weber, E. (2000.): High risk tasks for musculoskeletal disorders in agricultural field work. In *Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meeting* (Vol. 44, No. 22, pp. 616-619). Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications.
 42. Babu, R.M., Sajeena, A., Seetharaman, K., Vidhyasekaran, P., Rangasamy, P., Prakash, M.S., Biji, K.R. (2003.): RETRACTED: Advances in bioherbicides development—an overview. *Crop Protection*, 22(2), 253-260.
 43. Monastra, F., Raparelli, E., Fanigliulo, R. (1996.): Clonal selection of ‘Tonda Gentile Romana’. In *IV International Symposium on Hazelnut 445* (pp. 39-44).
 44. Mozzone, G., and Griseri, G. (1995). *Il Nocciolo*. In *Guida alla coltivazione* (Bossolasco (CN): Asprocor).
 45. Murray, K., Jepson, P.C. (2018.): *An Integrated Pest Management Strategic Plan for Hazelnuts in Oregon and Washington*. Oregon State University Extension Service.
 46. Olsen, J.L., Peachey, R.E. (2013.): *Growing hazelnuts in the Pacific northwest: Orchard floor management*.
 47. Pacchiarelli, A., Priori, S., Chiti, T., Silvestri, C., Cristofori, V. (2022.): Carbon sequestration of hazelnut orchards in central Italy. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 333, 107955.
 48. Paglietta, R. (1968.): Effetti dell’acido 2, 4 diclorofenossiacetico su polloni del nocciuolo in giovane impianto e in vivaio. In *Atti Convegno Nazionale di Studi sul Nocciuolo* (pp. 253-262).
 49. Peterson, M.A., McMaster, S.A., Riechers, D.E., Skelton, J., Stahlman, P.W. (2016.): 2, 4-D past, present, and future: a review. *Weed Technology*, 30(2), 303-345.
 50. Pohanish, R.P. (2014.): *Sittig's handbook of pesticides and agricultural chemicals*. William Andrew.
 51. Potena, C., Carpio, R.F., Pietroni, N., Maiolini, J., Ulivi, G., Garone, E., Gasparri, A. (2020.): Suckers emission detection and volume estimation for the precision farming of hazelnut orchards. In *2020 IEEE Conference on Control Technology and Applications (CCTA)* (pp. 285-290). IEEE.
 52. Radicati, L., Martino, I., Vergano, G. (1992.): Factors affecting sucker production in hazelnut. In *III International Congress on Hazelnut 351* (pp. 489-494).
 53. Rapparini, G. (1986). *I diserbanti*. In *Ed. L’Informatore Agrario*, 1st edn (Bologna).

54. Rice, E.L. (1984) *Allelopathy*. Orlando, Florida: Academic Press (Second Edition).
55. Rovira, M., Cristofori, V., Silvestri, C., Celli, T., Hermoso, J.F., Tous, J., Romero, A. (2012.): Last results in the evaluation of Negret hazelnut cultivar grafted on non-suckering rootstocks in Spain. In VIII International Congress on Hazelnut 1052 (pp. 145-150).
56. Russo, V.M., Webber III, C.L., Myers, D.L. (1997.): Kenaf extract affects germination and post-germination development of weed, grass and vegetable seeds. *Industrial Crops and Products*, 6(1), 59-69.
57. Serdar, U., Akyuz, B. (2017.): Sucker management methods in hazelnut cultivation. In IX International Congress on Hazelnut 1226 (pp. 309-314).
58. Serdar, Ü., Gülser, C., Akyüz, B., Balta, A., Çil, Y., Yılmaz Figen, F. (2022.): An alternative sucker management method in hazelnut: Application of nitrogen fertilizer solution. *Erwerbs-Obstbau*, 64(2), 237-244.
59. Silvestri, C., Bacchetta, L., Bellincontro, A., Cristofori, V. (2021.): Advances in cultivar choice, hazelnut orchard management, and nut storage to enhance product quality and safety: an overview. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(1), 27-43.
- Smith, D.C., Erdogan, V. (2000.): Elimination of hazelnut suckers by disbudding. In V International Congress on Hazelnut 556 (pp. 263-268).
60. Storeheier, K.J. (1993.): Basic investigations into flaming for weed control. In Symposium on Engineering as a Tool to reduce Pesticide Consumption and Operator Hazards in Horticulture 372 (pp. 195-204).
61. Tomasone, R., Colorio, G., Cedrola, C., Pagano, M. (2008.): Mechanical and physical control of hazelnut suckers. In VII International Congress on Hazelnut 845 (pp. 407-412).
62. Tomasone, R., Colorio, G., Cedrola, C., Pagano, M. (2010.): Thermal control of hazelnut suckers. In XVIIIth World Congress of the International Commission of Agricultural Engineering (CIGR), Québec City, Canada (pp. 13-17).
63. Tous, J., Girona, J., Tacias, J. (1992.): Cultural practices and costs in hazelnut production. In III International Congress on Hazelnut 351 (pp. 395-418).
64. Webber III, C.L., Shrefler, J.W. (2007.): Corn gluten meal applicator for weed control in organic vegetable production. *Journal of vegetable science*, 12(4), 19-26.
65. Webber III, C.L., Shrefler, J.W. (2007.): Organic weed control with vinegar: application volumes and adjuvants. In Proceedings of Horticultural Industry Show (Vol. 26, pp. 149-151).

66. Webber III, C.L., Shrefler, J.W. (2008.): Acetic acid and weed control in onions (*Allium cepa* L.). In Proceedings of National Allium Research Conference (pp. 49-54).
67. Webber III, C.L., Shrefler, J.W. (2008.): Acetic acid: Crop injury and onion (*Allium cepa* L.) yields. In Proceedings National Allium Research Conference (pp. 55-59).
68. Webber III, C.L., Shrefler, J.W. (2009.): Broadcast application of vinegar for broadleaf weed control in spring-transplanted onions. 2008 Weed Control Report, 26-28.
69. Webber, C.L. III, Shrefler, J.W., Brandenberger, L.P., Taylor, M.J. & Boydston, R.A. (2009) 2008 Organic herbicide update. *Proceedings of the Horticultural Industries Show*. Ft. Smith, AR, USA. Jan. 2009. p. 237-239.
70. Weeks, W.W., Seltmann, H. (1986.): Effect of sucker control on the volatile compounds in flue-cured tobacco. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 34(5), 899-904.
71. Win, P.P., Park, H.H., Kuk, Y.I. (2023). Control Efficacy of Natural Products on Broadleaf and Grass Weeds Using Various Application Methods. *Agronomy*, 13(9), 2262.
72. Yuan, T.Y., Wan, D.J., Yang, W.J., Gu, J.F., Zhou, H., Zeng, P., Liao, B.H. (2024.): Tartaric acid coupled with gibberellin improves remediation efficiency and ensures safe production of crops: A new strategy for phytoremediation. *Science of The Total Environment*, 908, 168319.
73. Zhang, Q., Chen, M.S., Li, B. (2017.): A visual navigation algorithm for paddy field weeding robot based on image understanding. *Computers and Electronics in Agriculture*, 143, 66-78.

Internetski izvori:

74. FAOSTAT (Food and Agricultural Organization). (2024). www.faostat.org.
75. TÜİK (Turkish Institution of the Statistics). (2024). www.tuik.gov.tr.
76. Eurostat (European statistics). (2024). <https://ec.europa.eu/eurostat>

8. SAŽETAK

Uporaba alternativnih strategija kontrole korijenovih izdanaka može spriječiti ili smanjiti primjenu kemijskih herbicida, degradaciju okoliša te posljedično povećati stupanj održivosti agroekosustava. Cilj ovog diplomskog rada usmjeren je na ispitivanje utjecaja pojedinih organskih kiselina na supresiju i kontrolu korijenovih izdanaka lijeske (*C. avellana* L.). Gledajući učinkovitost primijenjenih tretmana (intenzitet sušenja, pojavnosti i intenzitet retrovegetacije na kraju pokusa), tretman koji je sadržavao solnu kiselinu u koncentraciji od 10 % dao je najbolje rezultate. Ovaj tretman potpuno je osušio sve izdanke kroz 5 dana, novi izdanci zabilježeni su tek nakon 23 dana, a intenzitet retrovegetacije, odnosno broja novih izdanaka potrebnih za uklanjanje bio je svega 11. Učinkovitost i ostalih tretmana koji su osušili sve izdanke bila je vrlo visoka: oksalna i vinska kiselina u koncentraciji od 10 %, mravlja u koncentraciji 5 % i solna kiselina u koncentraciji od 3 % vrlo su učinkovite na supresiju i kontrolu korijenovih izdanaka lijeske. Naše istraživanje sugerira i na visoku učinkovitost natrijevog hipoklorita (NaOCl) u kontroli korijenovih izdanaka. Najmanji broj novih izdanaka na kraju istraživanja zabilježen je na tretmanima: natrijev hipoklorit (8 izdanaka) i 10 % mravlja kiselina (8 izdanaka). Učinkovitost ispitivanih kiselina ovisi o biljnoj vrsti, stadiju rasta biljke i vremenskim uvjetima u trenutku primjene sredstva. Naši rezultati iznose visoku učinkovitost pojedinih primijenjenih kiselina i njihovih koncentracija na supresiju mladih zeljastih biljaka u ranoj fazi rasta (korijenovi izdanci lijeske). Rezultati u ovom diplomskom radu predstavljaju nove i vrlo vrijedne spoznaje za buduća istraživanja, a ista bi se trebala usmjeriti ispitivanju utjecaja ovih kiselina i njihovih koncentracija na ljudsku sigurnost i okoliš te specifične kompatibilnosti kiselina s biljkama na koje se apliciraju. Važno je napomenuti i da ove kiseline !!! nisu dopuštene !!! u našoj zemlji za primjenu u voćarstvu, a mnoge tvari koje su dopuštene u jednom sektoru poljoprivrede nisu nužno dopuštene u drugom zbog različitih bioloških učinaka (npr. mravlja i oksalna – dopuštene u ekološkom pčelarstvu).

9. SUMMARY

The use of alternative strategies for controlling hazelnuts rootshoots/suckers can prevent or reduce the application of chemical herbicides, environmental degradation, and consequently increase the sustainability of agroecosystems. The aim of this thesis is to examine the influence of certain organic acids on the suppression and control of hazelnuts (*C. avellana* L.) rootshoots. In terms of the effectiveness of the applied treatments (drying intensity, occurrence, and intensity of regrowth at the end of the experiment), the treatment containing 10% hydrochloric acid yielded the best results. This treatment completely dried all the suckers within 5 days, with new suckers recorded only after 23 days, and the intensity of regrowth, i.e., the number of new suckers requiring removal, was only 11. The effectiveness of other treatments that dried all the suckers was also very high: oxalic and tartaric acids at a concentration of 10%, formic acid at a concentration of 5%, and hydrochloric acid at a concentration of 3% were very effective in suppressing and controlling hazelnuts rootshoots. Our research also suggests the high effectiveness of sodium hypochlorite (NaOCl) in controlling rootshoots. The smallest number of new suckers at the end of the study was recorded in the treatments with sodium hypochlorite (8 suckers) and 10% formic acid (8 suckers). The effectiveness of the tested acids depends on the plant species, plant growth stage, and weather conditions at the time of application. Our results indicate the high effectiveness of certain applied acids and their concentrations in suppressing young herbaceous plants in the early growth stages (hazelnuts rootshoot). The results presented in this thesis offer new and highly valuable insights for future research, which should focus on examining the impact of these acids and their concentrations on human safety and the environment, as well as the specific compatibility of acids with the plants to which they are applied. It is also important to note that these acids are not permitted for use in our country for fruit growing, and many substances that are permitted in one sector of agriculture are not necessarily allowed in another due to different biological effects (e.g., formic and oxalic acids – permitted in organic beekeeping).

10. POPIS TABLICA

Tablica 1: Površine pod lijeskom u RH - razdoblje 2012. do 2022. godine.....	4
Tablica 2. Rezultati istraživanja učinkovitosti termičkog tretiranja.....	12
Tablica 3: Herbicidi za suzbijanje korijenovih izdanaka lijeske odobreni u Europi i SAD-u s analizom trenutne ponude tržišta u RH 2024.....	13
Tablica 4. Tretmani, korištene koncentracije, nazivi i vrste kiselina ili lužine u istraživanju.....	25
Tablica 5. Vremenskim intervali do potpunog sušenja izdanaka (X1) i retrovegetacije (X2) u istraživanju.....	45

11. POPIS SLIKA

Slika 1. Proizvodni grm lijeske sa kontrolom izdanaka (a) i bez kontrole (b).....	5
Slika 2. Ručna kontrola polumehaniziranim modelom (a) i strojna kontrola vučenim priključkom (b).....	11
Slika 3. Usporedba ručne i kemijske kontrole korijenovih izdanaka lijeske.....	15
Slika 4. Zeljasti izdanci (lijevo) i odumrli izdanci (desno).....	16
Slika 5. Arkod snimka lokaliteta nasada lijeske obrta Lidera	23
Slika 6. Izgled stabla u istraživanju – a. habitus i b. zeljasti korijenovi izdanci veličine 10 do 15 cm prije aplikacije tretmana.....	24
Slika 7. Korištena a. mravlja kiselina i b. oksalna kiselina.....	26
Slika 8. Korištena a. solna kiselina i b. octena kiselina.....	27
Slika 9. Korištena a. vinska kiselina, b. natrijev hipoklorit NaOCl i c. okvašivač.....	28
Slika 10. Tretman T1 prije aplikacije (a.) i 24 sata nakon primjene (b.), retrovegetacija nakon 15 dana (c.) i potpuna regeneracija nakon 37 dana (d.).....	30
Slika 11. Tretman T2 prije aplikacije (a.) i 24 sata nakon primjene (b.), retrovegetacija nakon 15 dana (c.) i potpuna regeneracija nakon 37 dana (d.).....	31
Slika 12. Tretman T3 prije aplikacije (a.) i 72 sata nakon primjene (b.), izdanci nakon 5 dana (c.) i potpuna regeneracija nakon 10 dana (d.).....	32
Slika 13. Tretman T4 prije aplikacije (a.) i 10 dana nakon primjene (b.), retrovegetacija nakon 21 dana (c.) i potpuna regeneracija nakon 37 dana (d.).....	33
Slika 14. Tretman T5 prije aplikacije (a.) i 24 sata nakon primjene (b.), regeneracija nakon 5 dana (c.) i regeneracija nakon 10 dana (d.).....	34
Slika 15. Tretman T6 prije aplikacije (a.) i 24 sata nakon primjene (b.), regeneracija nakon 5 dana (c.) i regeneracija nakon 10 dana (d.).....	35
Slika 16. Tretman T7 prije aplikacije (a.) i 24 sata nakon primjene (b.), potpuno sušenje nakon 5 dana (c.) i regeneracija nakon 37 dana (d.).....	36

Slika 17. Tretman T8 prije aplikacije (a.) i 24 sata nakon primjene (b.), potpuno sušenje nakon 10 dana (c.) i regeneracija nakon 37 dana (d.).....	37
Slika 18. Tretman T9 prije aplikacije (a.) i 24 sata nakon primjene (b.), regeneracija nakon 5 dana (c.) i regeneracija nakon 10 dana (d.).....	38
Slika 19. Tretman T10 prije aplikacije (a.) i 24 sata nakon primjene (b.), regeneracija nakon 5 dana (c.) i regeneracija nakon 10 dana (d.).....	39
Slika 20. Tretman T11 prije aplikacije (a.) i 24 sata nakon primjene (b.), regeneracija nakon 5 dana (c.) i regeneracija nakon 10 dana (d.).....	40
Slika 21. Tretman T12 prije aplikacije (a.) i 24 sata nakon primjene (b.), potpuno sušenje nakon 5 dana (c.) i retrovegetacija nakon 37 dana (d.).....	41
Slika 22. Tretman T13 prije aplikacije (a.) i 24 sata nakon primjene (b.), sušenje 80 % nakon 5 dana (c.) i nakon 10 dana (d.).....	42
Slika 23. Tretman T14 prije aplikacije (a.) i 24 sata nakon primjene tretmana (b.), sušenje nakon 5 dana (c.) i retrovegetacija nakon 37 dana (d.).....	43
Slika 24. Tretman K prije ručnog uklanjanja izdanaka (a.) i 24 sata nakon uklanjanja (b.), retrovegetacija nakon 15 dana (c.) i potpuna retrovegetacija nakon 37 dana (d.).....	44

12. POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1: Najveći svjetski proizvođači lješnjaka u ljusci.....	3
Grafikon 2. Prosječan broj izdanaka na kraju istraživanja - retrovegetacija (37 dan).....	49
Grafikon 3. Regeneracija oštećenih izdanaka kroz 10 dana (u %).....	50
Grafikon 4. Učinkovitost tretmana na intenzitet sušenja po danu.....	51
Grafikon 5. Učinkovitost tretmana na pojavnost novih izdanaka - retrovegetaciju (dan).....	51

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
Sveučilišni diplomski studij, smjer Voćarstvo

Diplomski rad

UTJECAJ POJEDINIH ORGANSKIH KISELINA NA SUPRESIJU KORIJEKOVIIH IZDANAKA LIJESKE (*C. avellana* L.)

Ivan Gusak

Sažetak: Uporaba alternativnih strategija kontrole korijenovih izdanaka lijeske može spriječiti ili smanjiti primjenu kemijskih herbicida, degradaciju okoliša te posljedično povećati stupanj održivosti agroekosustava. Cilj ovog diplomskog rada usmjeren je na ispitivanje utjecaja pojedinih organskih kiselina na supresiju i kontrolu korijenovih izdanaka lijeske (*C. avellana* L.). Gledajući učinkovitost primijenjenih tretmana (intenzitet sušenja, pojavnosti i intenzitet retrovegetacije na kraju pokusa), tretman koji je sadržavao solnu kiselinu u koncentraciji od 10 % dao je najbolje rezultate. Ovaj tretman potpuno je osušio sve izdanke kroz 5 dana, novi izdanci zabilježeni su tek nakon 23 dana, a intenzitet retrovegetacije, odnosno broja novih izdanaka potrebnih za uklanjanje bio je svega 11. Učinkovitost i ostalih tretmana koji su osušili sve izdanke bila je vrlo visoka: oksalna i vinska kiselina u koncentraciji od 10 %, mravlja u koncentraciji 5 % i solna kiselina u koncentraciji od 3 % vrlo su učinkovite na supresiju i kontrolu korijenovih izdanaka lijeske. Naše istraživanje sugerira i na visoku učinkovitost natrijevog hipoklorita (NaOCl) u kontroli korijenovih izdanaka. Najmanji broj novih izdanaka na kraju istraživanja zabilježen je na tretmanima: natrijev hipoklorit (8 izdanaka) i 10 % mravlja kiselina (8 izdanaka). Učinkovitost ispitivanih kiselina ovisi o biljnoj vrsti, stadiju rasta biljke i vremenskim uvjetima u trenutku primjene sredstva. Naši rezultati iznose visoku učinkovitost pojedinih primijenjenih kiselina i njihovih koncentracija na supresiju mladih zeljastih biljaka u ranoj fazi rasta (korijeni izdanci lijeske). Rezultati u ovom diplomskom radu predstavljaju nove i vrlo vrijedne spoznaje za buduća istraživanja, a ista bi se trebala usmjeriti ispitivanju utjecaja ovih kiselina i njihovih koncentracija na ljudsku sigurnost i okoliš te specifične kompatibilnosti kiselina s biljkama na koje se apliciraju. Važno je napomenuti i da ove kiseline !!! nisu dopuštene !!! u našoj zemlji za primjenu u voćarstvu, a mnoge tvari koje su dopuštene u jednom sektoru poljoprivrede nisu nužno dopuštene u drugom zbog različitih bioloških učinaka (npr. mravlja i oksalna – dopuštene u ekološkom pčelarstvu).

Rad je izrađen pri: Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijeku

Mentor: dr. sc. Dejan Bošnjak

Broj stranica: 68

Broj grafikona i slika: 29

Broj tablica: 5

Broj literaturnih navoda: 75

Broj priloga: 0

Jezik izvornika: Hrvatski

Ključne riječi: lijeska, korijeni izdanci, organske kiseline, kontrola

Stručno povjerenstvo za obranu:

1. prof. dr. sc. Aleksandar Stanisavljević, predsjednik
2. dr. sc. Dejan Bošnjak, mentor
3. izv. prof. dr. sc. Moniika Marković, član

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

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek
University graduate study, course Pomology

Graduate work

INFLUENCE OF SOME ORGANIC ACID ON SUPPRESSION OF HAZELNUTS ROOTSHOOTS (*C. avellana* L.)

Ivan Gusak

Abstract: The use of alternative strategies for controlling hazelnuts rootshoots/suckers can prevent or reduce the application of chemical herbicides, environmental degradation, and consequently increase the sustainability of agroecosystems. The aim of this thesis is to examine the influence of certain organic acids on the suppression and control of hazelnuts (*C. avellana* L.) rootshoots. In terms of the effectiveness of the applied treatments (drying intensity, occurrence, and intensity of regrowth at the end of the experiment), the treatment containing 10% hydrochloric acid yielded the best results. This treatment completely dried all the suckers within 5 days, with new suckers recorded only after 23 days, and the intensity of regrowth, i.e., the number of new suckers requiring removal, was only 11. The effectiveness of other treatments that dried all the suckers was also very high: oxalic and tartaric acids at a concentration of 10%, formic acid at a concentration of 5%, and hydrochloric acid at a concentration of 3% were very effective in suppressing and controlling hazelnuts rootshoots. Our research also suggests the high effectiveness of sodium hypochlorite (NaOCl) in controlling rootshoots. The smallest number of new suckers at the end of the study was recorded in the treatments with sodium hypochlorite (8 suckers) and 10% formic acid (8 suckers). The effectiveness of the tested acids depends on the plant species, plant growth stage, and weather conditions at the time of application. Our results indicate the high effectiveness of certain applied acids and their concentrations in suppressing young herbaceous plants in the early growth stages (hazelnuts rootshoot). The results presented in this thesis offer new and highly valuable insights for future research, which should focus on examining the impact of these acids and their concentrations on human safety and the environment, as well as the specific compatibility of acids with the plants to which they are applied. It is also important to note that these acids are not permitted for use in our country for fruit growing, and many substances that are permitted in one sector of agriculture are not necessarily allowed in another due to different biological effects (e.g., formic and oxalic acids – permitted in organic beekeeping).

Thesis performed at: Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

Mentor: dr. sc. Dejan Bošnjak

Number of pages: 68

Number of figures and pictures: 29

Number of tables: 5

Number of references: 75

Number of appendices: 0

Original in: Croatian

Key words: hazelnuts, rootshoots/suckers, organic acid, control

Reviewers:

1. Aleksandar Stanisavljević, Ph.D., full.prof, president
2. Dejan Bošnjak, Ph.D., mentor
3. Monika Marković, Ph.D., asst. prof., member

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