Učinak kombinacija topramezona i adjuvanata na vrste Abuthilon theophrasti Med., Ambrosia artemisiifolia L. i Amaranthus retroflexus L. u kukuruzu

Goršić, Matija

Doctoral thesis / Disertacija

2012

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:008719

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

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

Repository / Repozitorij:

Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb

DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

Matija Goršić

UČINAK KOMBINACIJA TOPRAMEZONA I ADJUVANATA NA VRSTE *Abuthilon theophrasti* Med., *Ambrosia artemisiifolia* L. i *Amaranthus retroflexus* L. U KUKURUZU

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2012.

UNIVERSITY OF ZAGREB
FACULTY OF AGRICULTURE

Matija Goršić

EFFICACY OF COMBINATIONS OF TOPRAMEZONE AND ADJUVANTS ON *Abuthilon theophrasti* Med., *Ambrosia artemisiifolia* L. and *Amaranthus retroflexus* L. IN MAIZE

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2012.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

Matija Goršić

UČINAK KOMBINACIJA TOPRAMEZONA I ADJUVANATA NA VRSTE *Abuthilon theophrasti* Med., *Ambrosia artemisiifolia* L. i *Amaranthus retroflexus* L. U KUKURUZU

DOKTORSKI RAD

Mentor: Prof. dr. sc. Zvonimir Ostojić, prof. emer.

Zagreb, 2012.

Mentor:
Prof. dr. sc. Zvonimir Ostojić

Zvonimir Ostojić rođen je 31. srpnja 1941. godine u Ostrošcu, BiH. Osnovnu školu završio u Slavonskom Brodu, a Srednju poljoprivrednu školu u Poreču. Diplomirao je na smjeru voćarstvo – vinogradarstvo - vinarstvo Poljoprivrednog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu 1966. godine. Na istom Fakultetu magistrirao je 1976. godine u području Zaštita bilja - entomologija, a doktorat iz područja biotehničkih znanosti, polja agronomija stekao je 1983. godine.
Kao diplomirani inženjer poljoprivrede, pripravnik, počeo je raditi 1968. godine u VK „Žitnjak“ u Zagrebu. Od 1969. do 1984. godine radi kao asistent, a zatim znanstveni suradnik u Odjelu za proučavanje i suzbijanje korova u Institutu za zaštitu bilja Poljoprivrednog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Nakon toga, od 1984. do 1989. godine voditelj je Zavoda za zaštitu bilja u RO „Jugoinspekt“ Zagreb, OOUR „Agrokontrola“. Na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu nastavlja raditi 1989. godine do umirovljenja. U znanstveno - nastavno zvanje docenta izabran je 1989. godine i obnaša dužnost predsjednika Odjela za proučavanje i suzbijanje korova. Od 1990. godine kao izvanredni profesor predstojnik je Zavoda za herbologiju. U zvanje redovitog profesora izabran je 1999. godine, a redovitog profesora u trajno znanstveno zvanje 2004. godine. Od 2012. godine postaje profesorom emeritusom.
Tijekom dugogodišnjeg djelovanja u nastavi sudjelovao je u izradi nastavnih programa dodiplomskog, preddiplomskog, diplomskog i poslijediplomskog studija. Osmislio je sadržaje i bio nositeljem svih kolegija iz herbologije. Na matičnom Fakultetu bio je mentorom 45 diplomskih radova, 13 magistarskih radova te četiri doktorska rada.
Sveukupni znanstveni opus profesora Ostojića (radovi, skupovi, knjige, studije, projekti, uredništva časopisa i knjiga) obuhvaća 235 jedinica. Tijekom četrdesetogodišnje znanstveno - istraživačke djelatnosti objavio je 87 izvornih znanstvenih ili preglednih radova. Izlagao je na 30 međunarodnih i 50 nacionalnih znanstvenih skupova. Kao koautor ili autor pojedinih poglavlja objavio je sveukupno 25 knjiga, udžbenika, priručnika, monografija i skripta. Od 1992. do danas bio je voditeljem tri, a suradnikom na dva znanstvena projekta financirana od Ministarstva znanosti RH. Vodio je dva i surađivao na još dva projekta financirana od Ministarstva poljoprivrede i šumarstva RH. Koordinator je Tempus projekta „International Joint Master Degree in Plant Medicine“. Sudjelovao je u izradi pet studija.
Djeluje u uređivanju inozemnih i domaćih znanstvenih, ali i stručnih časopisa. Glavni je urednik od 1976. do 1992. godine znanstvenog časopisa Fragmenta herbologica Jugoslavica, kasnije Fragmenta Phytomedica et herbologica. Bio je član uredništva u pet nacionalnih stručnih časopisa.
Stručna djelatnost prof. dr. sc. Zvonimira Ostojića obuhvaća 188 stručnih radova, objavljenih u domaćim i inozemnim časopisima, brojna usmena predavanja na domaćim stručnim seminarima, te pozvana predavanja u R. Hrvatskoj i susjednim državama. Tri mandata bio je predsjednikom Sekcije za biljnu zaštitu R. Hrvatske (1987-2000. godine). Član je nekoliko stručnih i znanstvenih domaćih i inozemnih organizacija. Za doprinos u znanstveno-nastavnoj i stručnoj djelatnosti nagrađen je brojnim zahvalnicama i priznanjima. Osim znanstveno - nastavne i stručne djelatnosti, tijekom četrdesettrogodišnjeg radnog vijeka obnašao je različite funkcije, dužnosti i djelatnosti koje imaju karakter javnog i općeg dobra.

Ovu disertaciju je ocijenilo povjerenstvo u sastavu:

1. Doc. dr. sc. Klara Barić,

Docent Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

2. Prof. dr. sc. Zlatko Svečnjak,

Izvanredni profesor Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

3. Doc. dr. sc. Zvonko Pacanoski,

Docent Fakulteta za zemjodelski nauki i hranu, Univerziteta Sv. Kiril i Metodija, Skopje, Makedonija

Disertacija je obranjena na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu,
12. srpnja 2012. godine pred povjerenstvom u sastavu:

1. Doc. dr. sc. Klara Barić _____

Docent Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

2. Prof. dr. sc. Zlatko Svečnjak _____

Izvanredni profesor Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

3. Doc. dr. sc. Zvonko Pacanoski _____

Docent Fakulteta za zemjodelski nauki i hranu, Univerziteta Sv. Kirila i Metodija, Skopje, Makedonija

ZAHVALA

Zahvaljujem se Gospodinu prof. dr. sc. Zvonimiru Ostojiću, na nesebičnom dijeljenju svojeg neprocjenjivog iskustva. Brojnim pogledima na svijet, korisnim savjetima te konstruktivnom kritikom naučio me gledati svijet malo drugačijim „očima“. Njegovo mentoriranje nije bilo usmjereno samo na ovaj rad, već na čitav život.

Zahvaljujem se predsjednici Povjerenstva za ocjenu i obranu doktorske disertacije, doc. dr. sc. Klari Barić, na zajedničkom vremenu provedenom u polju svih ovih godina. Uz nju sam naučio što razlikuje herbicid od herbicida. Hvala na pažnji, strpljivosti i savjetima kod pisanja ovog rada.

Prof. dr. sc. Zlatku Svečnjaku hvala na mnogobrojnim intrigantnim diskusijama vezanima uz planiranje pokusa i analiziranje rezultata. Uvelike mi je pomogao učiniti rezultate preglednijima i razumljivijima. Uz Zlatka sam naučio statističku analizu podataka i još mnogo toga.

Hvala doc. dr. sc. Zvonku Pacanoskom na svim komentarima koji su uvelike doprinijeli kvaliteti ovog rada.

Zahvaljujem se ostalim kolegama sa Zavoda za herbologiju, Dragi, Maji i Nataliji, na pomoći kod izrade doktorata i što su sve ove mjesece preuzele teret mojih obveza.

Hvala mojim roditeljima koji su mi omogućili završetak studija i uvijek bili pomoć i podrška.
Veliko hvala mojoj Andreji koja je uvijek bila moja najveća podrška u svemu.

SAŽETAK

Suzbijanje korova u kukuruzu herbicidima redovita je mjera u tehnologiji proizvodnje kukuruza. Posljednjih godina sve značajnija je primjena herbicida nakon nicanja kukuruza i korova (*post-emergence*). Herbicidima koji imaju primjenu nakon nicanja kukuruza i korova dodaju se adjuvanti, odnosno sredstva koja poboljšavaju učinak herbicida na korove. Adjuvanti se dodaju herbicidima kako bi proširili spektar djelovanja herbicida ili smanjili dozaciju herbicida uz isti učinak na korove. Na pokusima postavljenim u poljskim i kontroliranim uvjetima istraživan je učinak herbicida topramezona u preporučenim i reduciranim dozacijama u kombinaciji s adjuvantima COC, MSO, NIS, UAN, AMS, COC+UAN, COC+AMS, MSO+UAN, MSO+AMS, NIS+UAN i NIS+AMS. U poljskim uvjetima utvrđena je značajno bolja redukcija broja i mase uskolisnih korova kod primjene reducirane doze (66 % preporučene) topramezona u kombinaciji s adjuvantima COC+UAN, COC+AMS, MSO+UAN, MSO+AMS, NIS+UAN i NIS+AMS u usporedbi s punom dozom bez adjuvanata. Istraživanjem osjetljivosti korovnih vrsta *Abutilon theophrasti* Med., *Ambrosia artemisiifolia* L. i *Amaranthus retroflexus* L. na doze topramezona u kombinaciji s adjuvantima utvrđena je različita osjetljivost navedenih vrsta. *Ambrosia artemisiifolia* je vrlo osjetljiva vrsta na herbicid topramezon te je i bez dodatka adjuvanata doza potrebna za redukciju 90 % svježe nadzemne mase (GR_{90}) iznosila 2,79 g d.t. ha^{-1} topramezona. *Abutilon theophrasti* i *Amaranthus retroflexus* su umjereno osjetljive vrste na topramezon. Dodatak adjuvanata škropivu značajno je smanjio GR_{90} vrijednost za *Abutilon theophrasti,* od dvostruko za kombinaciju s COC-om do petnaest puta za kombinaciju MSO+AMS. Adjuvanti su reducirali GR_{90} vrijednost topramezona na masu svježe mase vrste *Amaranthus retroflexus* od 18,5 do 490 puta.

Ključne riječi: topramezon, adjuvanti, dušična gnojiva, korovi, kukuruz, *Abutilon theophrasti* Med. – europski mračnjak, *Ambrosia artemisiifolia* L. – limundžik, Amaranthus retroflexus L. – šćir, GR_{90}

SUMMARY

Weed control with herbicides is a regular measure of the production technology of maize. In recent years the application of herbicides after emergence of maize and weeds (post-emergence) is getting more and more important. Herbicides which are applied after emergence of maize and weeds are often applied in tank mix with adjuvants, agents which enhance the effect of herbicides on weeds. Adjuvants are added to herbicides to broaden the spectrum of activity of herbicides or to reduce the dose rate of herbicides and keep the same effect on weeds. The experiments which were set in the field and controlled conditions investigated the effect of the herbicide topramezone at recommended and reduced rates and in combination with adjuvants COC, MSO, NIS, UAN, AMS, COC + UAN, AMS + COC, MSO + UAN, MSO + AMS, NIS + UAN and NIS + AMS. In field conditions, significantly better reduction of the number and fresh weight of the weeds was determined when reduced dose rates (66% recommended) of topramezone in combination with adjuvants COC + UAN, AMS + COC, MSO + UAN, MSO + AMS, NIS + NIS + UAN and AMS were used in comparison to the full dose rate without adjuvant. Study of the sensitivity of weed species *Abutilon theophrasti* Med., *Ambrosia artemisiifolia* L. and *Amaranthus retroflexus* L. to topramezone doses in combination with various adjuvants was determined by the sensitivity of these species. *Ambrosia artemisiifolia* is very sensitive to herbicide topramezone even without addition of adjuvants and dose required to reduce 90% of aboveground fresh weight (GR_{90}) was 2.79 g a.i. ha^{-1} of topramezone. *Abutilon theophrasti* and *Amaranthus retroflexus* were moderately sensitive to topramezone. When adjuvant was added to tank mix, the value of GR_{90} for *Abutilon theophrasti* was significantly reduced. The GR_{90} value was more than double reduced when topramezone was in combination with the COC to up to fifteen-fold lower in the combination of MSO+AMS. Adjuvants have reduced the value of GR_{90} of herbicide topramezone on aboveground fresh weight on *Amaranthus retroflexus* from 18,5 to 490-fold.

Keywords: topramezone, adjuvants, nitrogen fertilizers, weed, corn, *Abutilon theophrasti* Med. – velvetleaf, *Ambrosia artemisiifolia* L. – common ragweed, Amaranthus retroflexus L. – redroot pigweed, GR_{90}

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. PREGLED LITERATURE 4
   2.1. HIPOTEZE I CILJEVI ISTRAŽIVANJA 38
3. MATERIJALI I METODE 39
   3.1. HERBICID TOPRAMEZON 39
   3.2. ADJUVANTI 40
   3.3. ISTRAŽIVANJA U POLJSKIM UVJETIMA 42
   3.4. ISTRAŽIVANJA U KONTROLIRANIM UVJETIMA 47
   3.5. METODE UTVRĐIVANJA UČINKA ISTRAŽIVANIH TRETMANA 50
      3.5.1. Utvrđivanje učinka istraživanih tretmana u poljskim uvjetima 50
      3.5.2. Utvrđivanje učinka istraživanih tretmana u kontroliranim uvjetima 51
   3.6. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA 51
      3.6.1. Pokusi u poljskim uvjetima 51
      3.6.2. Pokusi u kontroliranim uvjetima 52
         3.6.2.1. Model osjetljivosti istraživanih korovnih vrsta na topramezon i adjuvante 54
4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA 55
   4.1. REZULTATI RADA U POLJSKIM UVJETIMA 55
      4.1.1. Učinak istraživanih tretmana na redukciju broja jedinki i nadzemne mase korova 55
      4.1.2. Učinak istraživanih tretmana utvrđen vizualnom ocjenom učinka 7, 14 i 21 dan nakon tretiranja 61
      4.1.3. Utjecaj korova i istraživanih tretmana na prinos kukuruza 69
   4.2. REZULTATI POKUSA U KONTROLIRANIM UVJETIMA 71
      4.2.1. Učinak istraživanih tretmana na europski mračnjak 71
         4.2.1.1. Vizualna ocjena učinka na europski mračnjak 72
         4.2.1.2. Učinak na svježu masu europskog mračnjaka 80
         4.2.1.3. Učinak na masu suhe tvari europskog mračnjaka 88
      4.2.2. Učinak istraživanih tretmana na limundžik 96
         4.2.2.1. Vizualna ocjena učinka na limundžik 96
         4.2.2.2. Učinak na svježu masu limundžika 104
         4.2.2.3. Učinak na masu suhe tvari limundžika 113
      4.2.3. Učinak istraživanih tretmana na šćir 116
         4.2.3.1. Vizualna ocjena učinka na šćir 116
         4.2.3.2. Učinak na svježu masu šćira 124
         4.2.3.3. Učinak na masu suhe tvari šćira 132
      4.2.4. GR_{90} vrijednosti na masu svježe i suhe mase korovnih vrsta u istraživanju 140
5. RASPRAVA 143
6. ZAKLJUČCI 157
7. POPIS LITERATURE 160
8. PRILOZI 174

1. UVOD

Kukuruz uz pšenicu, rižu, soju i pamuk pripada u pet najvećih kultura svijeta. U Republici Hrvatskoj po zasijanim površinama i vrijednosti robe je najznačajnija kultura. U proteklom desetljeću prosječno je bio zasijan na 337 000 ha s prosječnim prinosom od 6,24 t ha^{-1} (**Državni zavod za statistiku, 2011**). Značaj kukuruza za hrvatsku poljoprivredu vidljiv je i kroz pokazatelj proizvodnje zrna po stanovniku koja doseže i do 400 kg zrna. Sličnu proizvodnju po stanovniku imaju još samo Mađarska i Srbija, dok se u Sjedinjenim Američkim Državama kao vodećoj zemlji u proizvodnji kukuruza, proizvode dvostruko veće količine po jednom stanovniku (**Pucarić i sur., 1997**).

U tehnologiji uzgoja, zaštita kukuruza od korova ima vrlo značajno mjesto. Procjenjuje se da bolesti, štetnici i korovi i u slučaju kada primjenjujemo mjere borbe smanjuju kukuruzu prinos na svjetskom prosjeku za jednu trećinu (**Ostojić, 2007**).

Zbog činjenice da bolesti i štetnici ne predstavljaju problem kao korovi, mjere borbe protiv ove dvije skupine štetočinja nisu intenzivne, dok u cilju suzbijanja korova gotovo da i nema parcele na kojoj se ne primjenjuju herbicidi. To potvrđuje i činjenica da se od ukupno utrošenih sredstava za zaštitu kukuruza od štetočinja utroši više od 90% na herbicide. U borbi protiv korova u kukuruzu gotovo isključivo se rabe kemijske mjere, odnosno primjenjuju se herbicidi (**Ostojić, 2007**). Za tu namjenu u kukuruzu u Republici Hrvatskoj je registrirano 28 djelatnih tvari na čijoj osnovi je na tržištu 113 pripravaka (**Barić i Ostojić, 2012**).

Ranije su se u kukuruzu za suzbijanje jednogodišnjih širokolisnih korova primjenjivali herbicidi iz skupine triazina, posebice atrazin, a za suzbijanje jednogodišnjih uskolisnih korova najznačajniji su bili herbicidi iz skupine kloracetamida (alaklor, metolaklor, acetoklor, dimetenamid i dr.). Svi navedeni se primjenjuju uglavnom u *pre-emergence* roku. Za suzbijanje višegodišnjih širokolisnih korova koje je moguće uspješno suzbiti samo nakon njihova nicanja, su primjenjivani herbicidi iz skupine regulatora rasta. Najznačajniji je herbicid 2,4-D, koji i ima od svih herbicida najdulju povijest primjene. Suzbijanje višegodišnjih uskolisnih korova kao i jednogodišnjih u *post-emergence* roku nije bilo moguće sve do otkrića sulfonil ureja skupine herbicida. Na tržište je ova skupina došla sredinom 80-tih godina prošlog

stoljeća. Od otkrića 2,4-D kao regulatora rasta pa do danas ukupno je poznato 16 mehanizama djelovanja herbicida, odnosno inhibitora ključnih procesa za život biljke. Značajnu skupinu herbicida predstavljaju inhibitori biosinteze karotenoida. Herbicidi iz ove skupine navedeni proces inhibiraju na tri različita molekularna mjesta. Jedna skupina inhibira biosintezu karotenoida na mjestu enzima fitoen desaturaze, drugima nije točno utvrđeno mjesto djelovanja, ali je povezano s inhibicijom 1-deoksi-D-ksiluloza 5 fosfat sintaze (DOXP), dok posljednja skupina inhibira biosintezu karotenoida na mjestu 4-hidroksifenil piruvat dioksigenaze (4-HPPD). Inhibitori 4-HPPD-a su ujedno i posljednji otkriveni herbicidi po mehanizmu djelovanja uopće (**Anonymus, 2007a**). Ovoj skupini prema mehanizmu djelovanja pripadaju herbicidi benzofenap, izoksaflutol, mezotrion, pirazolinat, pirazoksifen, sulkotrion, topramezon i tembotrion (**Anonymus, 2007a**). Iako istog mehanizma djelovanja po kemijskoj pripadnosti razvrstani su u različite skupine. U Hrvatskoj su registrirani herbicidni pripravci na osnovi izoksaflutola, mezotriona i tembotriona (**Barić i Ostojić, 2012**).

Herbicid topramezon koji je predmet istraživanja ovog rada prvi je i jedini predstavnik kemijske skupine pirazolona. U osjetljivim biljnim vrstama inhibira rad enzima 4-hidroksifenilpiruvat dioksigenaze (4-HPPD). Inhibicijom ovog enzima primarno se zaustavlja biosinteza plastokinona, a sekundarno sinteza karotenoida, što dovodi do poremećaja u sintezi i funkciji kloroplasta. To za posljedicu navedenog ima propadanje kloroplasta (**Grossman i Ehrhard, 2007**). Vidljivi simptomi su izbjeljivanje („*bleaching*“) nadzemnih organa i njihovo odumiranje nekoliko dana kasnije (**Schönhammer i sur., 2006**). Topramezon je namijenjen za primjenu u merkantilnom kukuruzu, kukuruzu kokičaru i šećercu (**Schönhammer i sur., 2006**). Prema navedenim kulturama visoko je selektivan. Tek peterostruko veća doza izaziva oštećenje kukuruza šećerca tek za oko 5 % (**Soltani i sur., 2007**).

Navedeno je da se u proizvodnji kukuruza troše velike količine herbicida koje uz sve prednosti imaju negativan utjecaj na okoliš. Neki herbicidi su zbog toga i zabranjeni (atrazin). Posljednjih decenija intenzivno se istražuju mogućnosti ekološki prihvatljivijeg načina suzbijanja korova, a da se pri tome ne umanji herbicidni učinak. Jedna od mogućnosti je primjena adjuvanata (pomoćnih sredstava) herbicidima.

Adjuvanti su nepesticidne pomoćne tvari koje dodane škropivu imaju više funkcija. Smanjuju napetost površine kapljice, povećavaju dodirnu površinu kapljice, produžuju ekspoziciju i usvajanje škropiva, priječe hlapljenje, vrše destrukciju voštane prevlake, pospješuju prodor do provodnih snopova, pridonose boljoj translokaciji i premještanju herbicida do molekularnog mjesta djelovanja (**Green i Beestman, 2007**). Navedena svojstva adjuvanata omogućavaju redukciju propisane dozacije i/ili joj proširuju spektar djelovanja. Adjuvanti pesticidima mogu biti različiti kemijski spojevi kao što su neionski surfaktanati (NIS), koncentrirana biljna ulja (COC) ili modificirana biljna ulja (MSO). Dosadašnja istraživanja učinka različitih herbicida ukazuju na činjenicu da i dušična gnojiva – urea amonijev nitrat (UAN) i amonijev sulfat (AMS) mogu poslužiti kao adjuvanti pri suzbijanju određenih korova (**Green i Cahill, 2003**).

Poznato je da kod primjene sredstava za zaštitu bilja, vrlo značajnu ulogu ima formulacija pripravaka i način aplikacije škropiva. Naime, pretpostavlja se da od ukupno primijenjene količine sredstva samo mali dio (<0,1%) dospijeva do molekularnog mjesta djelovanja. Najveći dio izgubi se driftom, nepravilnom aplikacijom, ispiranjem, fotodegradacijom ili na druge načine (**Pimentel, 1995**). Prema **Ostojić i Barić (2008)**, boljoj iskoristivosti pesticida uvelike mogu doprinijeti različita pomoćna sredstva nazvana zbirnim imenom adjuvanti (od lat. *ad juvo* = pomoći nečemu, komu).

Povijest uporabe adjuvanata uz sredstva za zaštitu bilja seže u 18. i 19. stoljeće kad su kao adjuvanti korišteni katran, smola, melasa i šećer u kombinaciji s vapnom, sumporom, bakrom i arsenatima. Služili su za poboljšanje lijepljenja i mijenjanja fizikalnih i bioloških svojstava (**Green i Beestman, 2007**). Kasnija istraživanja su utvrdila da se dodatkom ulja u škropivo može povećati učinak većem broju skupina herbicida, ariloksifenoksi propionatima, cikloheksadionima, triazinima, derivatima fenoksi karbonske kiseline, imidazolinonima i dr. (**Bunting i sur., 2004b**). Također je utvrđeno da metilirana biljna ulja daju bolje rezultate od nemodificiranih biljnih ulja.

Predmet ovog istraživanja je utvrđivanje mogućnosti reduciranja doze novog, u Hrvatskoj još neregistriranog herbicida topramezona uz pomoć adjuvanata. Već je ranije utvrđeno da se dodatkom MSO surfaktanata u škropivo kod nekih korovnih vrsta pospješuje apsorpcija i translokacija ovog herbicida (**Grossman i Ehrhard, 2007**).

2. PREGLED LITERATURE

Proizvodnju kukuruza najviše ograničavaju korovi (**Oerke, 2005)**. Autor procjenjuje da potencijalni gubici prinosa kukuruza izazvani korovima bez provođenja mjera suzbijanja iznose 40,3% (37-44%), što odgovara potencijalnim štetama koje uzrokuju bolesti i štetnici zajedno. Stvarne štete, odnosno štete uz provođenje mjera zaštite, koje korovi nanose kukuruzu prosječno iznose 10,5% od genetski potencijalnog prinosa kukuruza. Prema **Maceljskom i sur. (2002)** prosječni gubici prinosa koje nanose korovi u kukuruzu, unatoč provedenim mjerama suzbijanja korova, u našoj zemlji iznose 8%.

Svaka poljoprivredna kultura u svom vegetacijskom razdoblju ima period kad je najosjetljivija na prisustvo korova, odnosno ima *kritično razdoblje zakorovljenosti.* Upravo se prvi radovi koji proučavaju kritično razdoblje zakorovljenosti odnose na kukuruz. Korovi se u kukuruzu suzbijaju u periodu ranoga vegetativnog porasta. Tako, većina autora tvrdi da se kritično razdoblje zakorovljenosti u kukuruzu poklapa s ranim vegetativnim porastom. Rani vegetativni porast kukuruza je razdoblje od nicanja do 8 razvijenih listova kukuruza (**Pucarić i sur., 1997; Gotlin, 1967)**. Listovi kukuruza u ovom su periodu vidljivi, ali internodiji još nisu izduženi. Prema istim autorima, ovaj period vegetativnog porasta od velike je važnosti za uspjeh proizvodnje kukuruza. Osim o agrotehničkim mjerama (posebice o dubini sjetve), rani porast kukuruza ovisi i o rokovima sjetve, odnosno ekološkim uvjetima (temperaturi tla i zraka). Tako npr. pri temperaturi od 21°C od sjetve do nicanja protekne 5-6 dana, a pri temperaturi tla 10-13°C protekne 18-20 dana.

Do pojave trećeg ili četvrtog lista kukuruza, biljka upija hranjive tvari i vodu klicinim korjenčićima čiji je rast u početku, najčešće zbog niskih temperatura, usmjeren vodoravno. U razdoblju ranog porasta u biljci se, osim listova, stvaraju i začeci drugih značajnih dijelova biljke. Na vrhu začete stabljike u fenofazi od 5-6 listova stvara se začetak metlice, a u pazušcima začetih listova formiraju se začeci klipova (**Gotlin, 1967**). Poznato je da se rani vegetativni porast odvija relativno sporo, zbog čega korovi koji rastu brže lako nadvladaju usjev, što je razlog da se upravo ovo razdoblje naziva kritičnim razdobljem zakorovljenosti.

Kada se isključe okolišni uvjeti, gubici prinosa kukuruza uglavnom su uzrokovani kompeticijom s korovima. Kompeticija korova i kukuruza istražuje se kroz definiranje kritičnog razdoblja za suzbijanje korova (**Hall i sur., 1992**) i povezana je s vrijednostima kritičnih brojeva korova (**Swanton i sur., 1999**). Mehanizmi kompeticije uključuju kompeticiju za svjetlo, mineralna hraniva, vodu, te prostor iznad i ispod površine tla.

Korovi koji niču istovremeno s usjevom ili ubrzo nakon usjeva uzrokuju veće gubitke prinosa u odnosu na one koji niču kasnije (**Dew, 1972; O'Donovan i sur., 1985; Swanton i sur., 1999**). Kritično razdoblje zakorovljenosti se povezuje s razvojnim fazama usjeva najosjetljivijim na kompeticiju s korovima, a najčešće se definira kao broj tjedana nakon nicanja usjeva. U ovom razdoblju korovi u usjevu trebaju biti suzbijeni kako bi gubici prinosa bili manji od 5% (**Hall i sur., 1992; Van Acker i sur., 1993; Knežević i sur., 1994**). Veći broj autora smatra da kritično razdoblje zakorovljenosti u kukuruzu traje od prvog do osmog tjedna nakon nicanja usjeva (**Thomas i Allison, 1975; Perry i sur., 1983; Vernon i Parker, 1983**). Osim brojem tjedana nakon nicanja, neki autori kritično razdoblje zakorovljenosti definiraju razvojnom fazom usjeva. Tako su **Hall i sur. (1992)** u uvjetima Kanade utvrdili kritičan period zakorovljenosti u kukuruzu između 3 i 14 vidljivih listova.

Neovisno o načinu označavanja, vidljivo je da kritično razdoblje zakorovljenosti može trajati dulje ili kraće vrijeme. Razlozi različite duljine trajanja kritičnog perioda zakorovljenosti su: kritičan period zakorovljenosti specifičan je za usjev, odnosno duljina trajanja kritičnog razdoblja ovisi o kompetitivnim sposobnostima usjeva (**Van Heemst, 1985; Weaver i sur., 1992**), različitim agroekološkim uvjetima određenih lokaliteta, ovisan je o klimatskim prilikama određenoga područja te ovisi o korovnim vrstama koje taj usjev zakorovljuju (**Weaver i sur., 1992; Ghosheh i sur., 1996**). Što se tiče korovnih vrsta, poznato je da ne štete sve korovne vrste jednako. Isto tako, ni broj jedinki korovne vrste po jedinici površine, odnosno intenzitet zakorovljenosti ne šteti jednako (**Young i sur., 1984; Bendixen, 1986; Kropff i sur., 1992; Fausey i sur., 1997**). **Ghosheh i sur. (1996)** su utvrdili da kada je zakorovljenost divljim sirkom (*Sorghum halepense* (L.) Pers.) povećana s 4 na 12 biljaka na 9,8 dužnih metara reda, prinos kukuruza je reduciran s 8,5 na 46,6%.

Kompeticijske sposobnosti kukuruza u odnosu na korove ovise i o značajkama pojedinih genotipova. Tako su **Lindquist i Mortensen (1999)** u istraživanju kompeticije dva „stara“ i dva „nova“ hibrida kukuruza s mračnjakom (*Abutilon theophrasti* Med.) utvrdili veći gubitak prinosa od 32% kod starih selekcija hibrida. Autori su utvrdili da hibridi s boljim kompeticijskim sposobnostima imaju veću lisnu površinu, odnosno površinu za primanje fotosintetski aktivnog zračenja.

Općenito se za agrotehničke mjere može reći da što su bliže optimalnim zahtjevima kulture, to će kritično razdoblje zakorovljenosti biti kraće, odnosno kompeticijske sposobnosti kulture će biti veće. Prema istraživanju **Teasdale-a (1995)** razmak redova (38 u odnosu na 76 cm) i sklop kukuruza (standardan u odnosu na dvostruki) nisu utjecali na povećanje kompeticijskih sposobnosti kukuruza. U gustom sklopu kukuruza korovima je dostupna količina svjetla tjedan dana ranije reducirana u odnosu na rjeđi sklop kukuruza. Smanjena doza herbicida (25% od preporučene) u usjevu sijanom s povećanim brojem biljaka po jedinici površine zadovoljavajuće je reducirala biomasu korova i postigla je zadovoljavajući prinos, dok je kod primjene iste doze herbicida u usjevu sa širim redovima i standardnom broju biljaka po jedinici površine zabilježen značajno reducirani prinos. Ovi su rezultati potvrđeni i u istraživanju **Murphy-ja i sur. (1996)**. Autori su utvrdili da se povećanjem sklopa kukuruza sa 7 na 12 biljaka po m^2 ili smanjenjem širine reda kukuruza sa 75 na 50 cm značajno povećava indeks lisne površine i smanjuje količina fotosintetski aktivnog zračenja dostupnog korovima koji rastu u usjevu kukuruza. Masa korova koji su niknuli kasnije u gustom sklopu i kukuruzu sijanom u uže redove bila je značajno smanjena. Također je utvrđeno povećanje prinosa kukuruza za 10-15% u usjevu sijanom u redove širine 50 cm.

U istraživanju u Coloradu zakorovljenost kukuruza od 0, 33, 50 ili 100% površine utjecala je na smanjenje prinosa kukuruza. Svaka je dodatna jedinka korova reducirala prinos kukuruza za 8,5 kg ha^{-1} u prvoj i za 2,3 kg ha^{-1} u drugoj godini istraživanja (**Van Gessel i sur., 1995**).

Prema istraživanju **Scholesa i sur. (1995)** utvrđeno je da su zakorovljenošću kukuruza s 0; 1,3; 4; 12 ili 24 jedinki mračnjaka (*Abutilon theophrasti* Med.) po m^2 indeks lisne površine korova i vegetativna biomasa bili u pozitivnoj korelaciji s brojem jedinki mračnjaka i u negativnoj korelaciji s vegetativnom masom kukuruza. Najveća je

redukcija prinosa bila 37,2%, a svako postotno povećanje gustoće zakorovljenosti mračnjakom smanjilo je prinos zrna kukuruza za 4,4%.

Kada je navodnjavani kukuruz bio zakorovljen s 0; 0,5; 1; 2; 4; ili 8 jedinki vrste *Amaranthus palmeri* S.Wats. po dužnom metru i kada je korov nicao istovremeno s usjevom, porastom broja jedinki od 0,5 do 8 biljaka m^{-2} prinos zrna kukuruza smanjen je od 11 do 91% (**Massinga i sur., 2001**). Korov koji je kasnije nicao, reducirao je prinos samo kada je nicao u vrijeme kada je kukuruz razvio od četiri do šest listova. Utvrđena je i povećana produkcija sjemena korova po jedinici površine (s 140 000 na 514 000) kada je povećan broj jedinki istraživane vrste s 0,5 na 8 biljaka m^{-2}, ali je prosječan broj sjemenki po biljci bio manji.

Istraživanjem štetnosti korova u odnosu na intenzitet zakorovljenosti **Sibuga i Bandeen (1980)** su utvrdili smanjenje prinosa kukuruza od 5,6 do 17,6% kada je zakorovljenost zelenim muharom (*Setaria viridis* L.) povećana s 89 na 129 biljaka po m^2. Smanjenje prinosa kukuruza nije utvrđeno pri zakorovljenosti zelenim muharom od 20 i 56 biljaka po m^2 što potvrđuje navedeno da korovne vrste ne štete jednako usjevu kukuruza. **Beckett i sur. (1988)** su utvrdili linearan pad prinosa zrna kukuruza kada je broj jedinki vrste *Setaria faberi* Herrm. povećan s 0,4 na 13,1 biljaka po dužnom metru. Maksimalan gubitak prinosa iznosio je 18%, a uzrokovalo ga je 13,1 biljaka (busena) po dužnom metru reda kukuruza. **Fausey i sur. (1997)** utvrdili su redukciju prinosa kukuruza od 13 do 14% uzrokovanim sa 10 biljaka vrste *Setaria faberi* po dužnom metru reda. Ista je zakorovljenost uzrokovala redukciju mase suhe tvari kukuruza od 25%. **Beckett i sur. (1988)** su utvrdili smanjenje prinosa od 27% koje je u prvoj godini istraživanja izazvalo 4,7 biljaka dikice (*Xanthium strumarium* L.) po dužnom metru, dok je druge godine 6,6 jedinki dikice reduciralo samo 10% prinosa. Samo u jednoj godini istraživanja utvrđeno je smanjenje prinosa uzrokovano vrstom loboda – *Chenopodium album* L. Tako je 4,9 biljaka po dužnom metru reda smanjilo 12% prinosa (**Beckett i sur., 1988**). U drugom istraživanju redukcije prinosa uzrokovanog lobodom utvrđeno je da manje od 109 biljaka m^{-2} nije uzrokovalo redukciju prinosa. Pri zakorovljenosti lobodom većom od 172 biljke po m^2 prinos je smanjen 12-38% jedne godine i 6-58% druge ovisno o vremenu primjene herbicida (**Sibuga i Bandeen, 1980**).

Pirika (*Agropyron repens* (L.) P. Beauv.) je višegodišnji uskolisni korov koji je jak kompetitor s kukuruzom za ograničene izvore (vodu, hraniva, svjetlo, prostor). U istraživanju **Younga i sur. (1984)** utvrđena je redukcija prinosa od 12 do 16% koju je uzrokovalo 65 do 390 vlati pirike, dok je 745 vlati smanjilo prinos za 37%. Autori su također utvrdili da je, u slučaju kad svjetlost i hraniva nisu bili ograničavajući čimbenik, dovoljno vode moglo smanjiti negativne učinke pirike na prinos kukuruza. Kad je količina vlage u tlu bila ograničena, navodnjavanjem je povećan prinos nezakorovljenog i kukuruza zakorovljenog pirikom. Autori zaključuju da prisutnost pirike u usjevu nije utjecala na dostupnost hraniva kukuruzu.

Utjecaj gustoće zakorovljenosti na smanjenje prinosa može ovisiti o vremenu nicanja korova u odnosu na vrijeme nicanja kulture. Tako je npr. zakorovljenost koštanom (*Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv.) od 200 biljaka po dužnom metru smanjila prinos kukuruza od 26 do 35% kada je koštan nicao između jednog i dva razvijena lista kukuruza. Ista je zakorovljenost rezultirala samo 6-postotnom redukcijom prinosa kada je koštan nicao nakon četiri razvijena lista (**Bosnic i Swanton, 1997**).

Utjecaj gnojidbe na štete od korova vidljiv je iz istraživanja **Tollenaar-a i sur. (1997).** Autori su utvrdili da je prinos zakorovljenog kukuruza znatnije smanjen u uvjetima ograničene opskrbe tla dušikom u odnosu na bogato opskrbljeno tlo. Kod ograničene opskrbe tla dušikom smanjenje prinosa je za 47% u zakorovljenom usjevu u odnosu na prinos nezakorovljenog usjeva. U tlu koje je dobro opskrbljeno dušikom prinos je bio svega 14% manji. Slične su rezultate dobili i **Nieto i Staniforth (1961; cit. Rajcan i Swanton, 2001)**. U njihovom istraživanju kompeticije kukuruza s muharima (*Setaria* spp.) utvrđeno je smanjenje prinosa od 1270 kg ha^{-1} pri gnojidbi 0 kg dušika ha^{-1}, dok je pri gnojidbi dušikom od 157 kg ha^{-1} smanjenje prinosa bilo dvostruko manje (630 kg ha^{-1}).

Utjecaj nedostatka vode u usjevu povezan je s razvojnom fazom u kojoj je nedostatak vode nastupio, trajanjem i intenzitetom nedostatka te s korovnim vrstama koje zakorovljuju usjev (**Lorens i sur., 1987**). Nedostatak vode tijekom nakupljanja vegetativne suhe tvari može smanjiti visinu, vegetativnu biomasu i broj i masu listova, ali ne mora nužno smanjiti prinos usjeva (**Stewart i sur, 1975; cit. Rajcan i Swanton, 2001**). Prinos se smanjuje kada nedostatak vode nastupi tijekom oprašivanja **(Herrero i**

Johnson, 1981). U istraživanjima **Kasperbauera i Karlena (1994)** utvrđeno je da kulturne biljke u prisustvu korovskih biljaka reagiraju na način da tvore više suhe tvari u nadzemnom dijelu u odnosu na tvorbu mase korijena (omjer mase korijen/nadzemni dio je smanjen).

Habitus biljke, odnosno morfološke značajke znatno određuju kompetitivne sposobnosti. Utvrđeno je da je kukuruz u naprednim fazama porasta dobar kompetitor za fotosintetski aktivno zračenje jer većinu svjetlosti usvaja najmlađim listovima, ispod metlice (**Loomis i sur., 1968; Tetio-Kagho i Gardner, 1988**), dok manje od 10% fotosintetski aktivnog zračenja usvajaju listovi smješteni niže od 1 m ispod metlice. S druge strane velik broj korova po jedinici površine smanjio je indeks lisne površine kukuruza za 15% u usporedbi s nezakorovljenom kontrolom (**Tollenaar i sur., 1994**). Smanjenje indeksa lisne površine ovisi o korovima koji zakorovljuju usjev, njihovoj populaciji i vremenu nicanja. Tako je primjerice, lisna površina mračnjaka (*Abutilon theophrasti* Med.) jače reducirana u višem usjevu poput kukuruza (**DeFelice i sur., 1988**) nego kod usjeva nižeg habitusa poput soje (**Hagood i sur., 1980; Oliver, 1979**). Veći broj jedinki kukuruza po jedinici površine (50 000 biljaka ha^{-1}) jače je reducirao lisnu površinu šćira (*Amaranthus retroflexus* L.) u odnosu na 25 000 biljaka ha^{-1} (**McLachlan i sur., 1993**). U istom istraživanju utvrđeno je da je kompeticija kukuruza i šćira bila znatnija kada je korov nicao ubrzo nakon kukuruza (u fazi 3-5 razvijenih listova kukuruza) nego kada je šćir nicao kasnije (u fazi 7-9 razvijenih listova kukuruza).

Općenito se može reći da je korovna flora kukuruza tipično okopavinska i ne razlikuje se značajno od korovne flore drugih širokorednih kultura (šećerne repe, suncokreta, soje, krumpira). Karakterizira ju velik broj jednogodišnjih širokolisnih i uskolisnih vrsta. Višegodišnji korovi su brojem vrsta i brojem jedinki po jedinici površine manje prisutni, ali unatoč tomu mogu biti naročito štetni u usjevu kukuruza. Većina autora (**Kostov i sur., 2004; Ostojić, 2007)** se slaže da od jednogodišnjih širokolisnih korova usjev kukuruza najčešće zakorovljuju: limundžik – *Ambrosia artemisiifolia* L., loboda – *Chenopodium album* L., mnogosjemena loboda – *Chenopodium polyspermum* L., šćir – *Amaranthus retroflexus* L., crna pomoćnica – *Solanum nigrum* L., mračnjak – *Abutilon theophrasti* Med., kužnjak – *Datura stramonium* L., perzijski dvornik – *Polygonum persicaria* L., pjegavi dvornik – *Polygonum lapathifolium* L., čičak –

Xanthium strumarium L. i dr. Karakterizira ih brz ponik, brz rast i velika produkcija sjemena (**Šćepanović, 2007)**. Najčešći jednogodišnji uskolisni korovi usjeva kukuruza su: koštan – *Echinochloa crus-galli* (L.) Pal. Beauv., zeleni muhar – *Setaria glauca* (L.) Pal. Beauv., crvenkasti muhar – *Setaria viridis* (L.) Pal. Beauv., vlasasto proso – *Panicum capillare* L., glatko proso – *Panicum dichotomiflorum* (L.) Michx., pravo proso – *Panicum miliaceum* L., svračica – *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop. i dr. Višegodišnje širokolisne vrste koje predstavljaju problem u usjevu kukuruza su: osjak – *Cirsium arvense* (L.) Scop., poljski slak – *Convolvolus arvensis* L., ladolež – *Calystegia sepium* (L.) R. Br., gavez – *Symphytum officinale* L. i dr., a od višegodišnjih uskolisnih u usjevu kukuruza najčešći su: pirika – *Agropyron repens* (L.) Pal. Beauv., divlji sirak – *Sorghum halepense* L. (Pers.) i troskot – *Cynodon dactylon* L. (Pers.).

Posljednja dva desetljeća kao posebno štetna korovna vrsta u kukuruzu izdvaja se europski mračnjak. To je vrsta koja pripada submediteranskom flornom elementu (**Kovačević, 1976**). Sinonimi za ovu vrstu su: *Abutilon abutilon* (L.) Rusby, *Abutilon avicenae* Gaertn., *Abutilon tilifolia* Fischer, *Sida abutilon* L., *Abutilon californicum* Benth. Biljka potječe iz Kine gdje se nekoliko stoljeća uzgajala za proizvodnju vlakana, od kojih su se izrađivali konopci, torbe, gruba platna, ribarske mreže ili materijal za krpanje čamaca **(Vavilov, 1951., cit. Grubišić, 2001)**. **Hanf (1982)** ističe Kinu i Tibet kao domovinu europskog mračnjaka, dok **Mitich (1991)** spominje kinesko i indijsko porijeklo vrste. U Sjevernu Ameriku unesen je krajem 17. stoljeća **(Holt i Boose, 1997)**, a tijekom 18. i 19. stoljeće uzgajao se radi dobivanja vlakana, s ciljem da bude zamjena konoplji. No, ubrzo je opravdanost uzgoja ove vrste postala upitna. Naime, u to je vrijeme uočen problem zakorovljenosti usjeva kukuruza ovom vrstom, a njegova vlakna, u usporedbi s vlaknima konoplje ili jute, nisu zadovoljavala kvalitetom **(Turner i sur., 1871., cit Grubišić, 2001)**. U Europi se europski mračnjak pojavio prije nego u Americi. **Grilli (1969)** ističe da je u 15. i 16. stoljeću uzgajan u Italiji, Njemačkoj, Rumunjskoj i Bugarskoj. **Hanf (1982)** smatra da se europski mračnjak iz Kine i Tibeta prenosio u balkanske zemlje kao tekstilna i ljekovita biljka. Danas se znatno širi u mediteranskim zemljama. Rasprostranjen je u svim državama Sjedinjenih Američkih Država, mnogobrojnim državama srednje Amerike i u sjevernoj Africi **(Sattin i sur., 1992)**. **Holec i sur. (2004)** tvrde da se mračnjak javlja u većim populacijama od sredine 80-ih

godina 20. stoljeća. Autori ga izdvajaju kao jednu od sedam najopasnijih invazivnih vrsta u Češkoj te naglašavaju da najčešće zakorovljuje kukuruz. **Ostojić (2007)** također ističe mračnjak kao invazivnu korovnu vrstu koja posljednjih godina predstavlja sve veći problem u okopavinama u Hrvatskoj.

Europski mračnjak je snažna jednogodišnja biljka brzog rasta i intenzivne C3 fotosinteze, što mu pomaže u kolonizaciji novih staništa (**Regnier i sur., 1988**). Korijen mračnjaka je vretenast i prodire duboko u tlo. Prema istraživanjima **Sattina i sur. (1992)** korijen može doseći do 2 m dubine, dok mu se većina bočnog korijenja razvija na 10-30 cm. Korijen ima veliku moć apsorpcije, što ga čini otpornim na sušu kao i snažnim kompetitorom za prostor pod površinom tla. Snažan korijenov sustav otežava mehaničko suzbijanje ovog korova. Korijen mračnjaka raste značajno brže nego kod nekih drugih jednogodišnjih širokolisnih korova **(Ewetts i Burnside, 1973)**. Listovi su mu nasuprotni, nazubljeni, srcolika oblika. Srcolikim oblikom sliče listu lipe te mu je otuda narodni naziv "lipica". Površina listova mu je prekrivena nježnim baršunastim dlačicama što je povezano s engleskim nazivom "*velvetleaf*" (eng. *velvet* = baršun, *leaf* = list). Upravo te dlačice na površini lista otežavaju suzbijanje mračnjaka jer velika količina škropiva ostaje lebdjeti na dlačicama i škropivo ne dolazi u kontakt s kutikulom lista, odnosno izostaje apsorpcija herbicida. List mračnjaka pokriven je i voskovima. U istraživanju **Hatterman-Valentija i sur. (2011)** utvrđena je različita količina epikutikularnih voskova u odnosu na okolišne uvjete. Tako su autori utvrdili 50-80% veću količinu epikutikularnog voska na jedinkama koje su rasle pri višim temperaturama i/ili pri nedostatku vlage u tlu u odnosu na mračnjak koji je uzgajan pri optimalnim uvjetima temperature i vlage. Stabljika mračnjaka je visoka i snažna, pokrivena mekanim bijelim dlačicama. Stabljika mračnjaka može narasti od 30 do 250 cm (**Kovačević, 1976; Fisjunov, 1984; Novak, 2007)**. Cvjetovi su žuti ili žutonarančasti, smješteni pojedinačno u pazušcu listova ili skupljeni u štitasti cvat. Cvijet je najčešće oplođen isti dan kad je i otvoren, a sjeme sazrije 17-20 dana nakon oplodnje (**Lešnik, 1999**). Plod mračnjaka je dlakavi tobolac promjera oko 15 mm koji je u vrijeme dozrijevanja tamnosive do crne boje (**Hanf, 1982**). Sjemenke su boje ploda, bubrežastog oblika. Jedan kilogram sadrži više od 100 000 sjemenki (**Kovačević, 1976**). Sjeme mračnjaka ima izraženu dormantnost. Prema **Warwicku i Blacku (1988)** sposobnost klijanja zadržava u tlu preko 50 godina. Klijavost mu se

značajno ne smanjuje ni prolaskom kroz probavni trakt životinja. Tako **Lešnik (1999)** 360 dana nakon prolaza kroz probavni trakt peradi utvrđuje klijavost od 41,6%. Kod prolaska kroz trakt goveda klijavost je 54,3%, a prasadi 72%. Prema temperaturnim zahtjevima za rast i razvoj, mračnjak je tipičan toploljubni korov (**Lešnik, 1999**).

Holt i Boose (1997) nabrajaju određena genetska i ekofiziološka svojstva koja europski mračnjak čine invazivnom vrstom, odnosno olakšavaju njegovo širenje na prostor gdje vrsta još nije proširena. U tom smislu ističu brzo klijanje, više načina širenja, dug period dormantnosti, naglašenu genetsku varijabilnost, sposobnost samooplodnje, fenotipsku plastičnost kao i sposobnost prilagodbe različitim klimatskim uvjetima i staništima. **Zhang i Hamill (1996)** su utvrdili znatne razlike između jedinki i sjemena europskog mračnjaka u odnosu na različite uvjete rasta i razvoja. Prilagodljivost europskog mračnjaka utvrdili su tretirajući mlade biljke smanjenim dozama atrazina. Tretiranje je izazvalo propadanje listova, ali tretirane biljke su ubrzano stvarale novo lišće, da bi se nakon tri tjedna izjednačile s netretiranim biljkama. **Benvenutti i sur. (1994)** su istraživali utjecaj zasjenjivanja na biljke mračnjaka i pri tome utvrdili smanjenje broja sjemenki po biljci u odnosu na biljke koje su rasle bez zasjenjivanja. Međutim, svi su ostali parametri kakvoće sjemena (klijavost, masa 1000 sjemenki, dormantnost) bili isti kao kod nezasjenjenih biljaka. Europski mračnjak ima brojne natjecateljske (kompeticijske) sposobnosti zbog čega je značajan problem u mnogim državama. Sve navedene značajke čine ovu korovnu vrstu u poljoprivrednoj proizvodnji vrlo štetnom s više gledišta. Visokim i brzim rastom te krupnim listovima nadvisi većinu poljoprivrednih usjeva pa je otuda i dobio naziv "mračnjak" (**Novak, 2007**). Praćenjem distribucije i učestalosti tijekom provođenja poljskih pokusa kroz 40-godišnje razdoblje (1969-2009.) u Hrvatskoj, **Ostojić (2011)** utvrđuje da je u 2009. godini mračnjak zauzimao 11. mjesto po zastupljenosti te se i dalje bilježi značajan porast frekvencije mračnjaka.

Europski mračnjak je najkompetitivniji tijekom faze vegetativnog rasta, do početka cvatnje, odnosno u prvoj trećini životnog ciklusa. Tijekom ovoga razdoblja biljka uz brzi porast visine i lisne površine proizvede glavninu biomase. Od početka cvatnje korov više ne povećava značajno lisnu površinu, odvija se produkcija sjemena koje brzo dozrijeva (15-24 dana, ovisno o klimatološkim prilikama). Prema **Zaninu i Satinu (1988)**

pri niskoj zakorovljenosti kukuruza mračnjakom, za svako jedinično povećanje postotka zakorovljenosti prinos kukuruza se smanjuje za 3,5-4%. Prinos kukuruza kao funkcija biomase mračnjaka smanjuje se linearnim trendom kod niske zakorovljenosti. Svakih 100 kg svježe mase mračnjaka snižava potencijalni prinos za 76-79 kg ha^{-1}. Smatra se da vrijednost kritične svježe mase mračnjaka iznad koje su vidljivi gubici prinosa iznosi 500 kg ha^{-1} **(Zanin i sur., 1989)**. Veličina štete mračnjaka na usjev ovisi o trajanju i jačini zakorovljenosti te o vremenu nicanja korova i kukuruza. **Lešnik (1999)** navodi da 10 biljaka mračnjaka m^{-2} smanjuje prinos kukuruza za 10,9-18,9%, dok 30 biljaka po m^2 smanjuje prinos kukuruza za 30-38%. Deset jedinki mračnjaka po m^2 nije uzrokovalo nikakvu štetu ukoliko je bila u kompeticiji s kukuruzom 15 dana, nakon 60 dana kompeticije prinos je bio smanjen za 9-12% ovisno o vegetacijskoj sezoni, a nakon 105 dana 16-23%. Povećanjem broja jedinki mračnjaka povećava se i redukcija prinosa. Trideset jedinki mračnjaka po m^2 uzrokovalo je minimalne štete (0,2-1,2%) kada su bili u kompeticiji s kukuruzom 15 dana, nakon 60 dana kompeticije prinos je bio smanjen 14-22%, a nakon 105 dana 27-38%**.**

Osim broja jedinki i duljine trajanja kompeticije, gubitak prinosa, ali i produkcija sjemena mračnjaka u vezi su s agroekološkim uvjetima i obradom tla. **Cardina i sur. (1995)** su ustanovili da su gubitak prinosa i proizvodnja sjemena mračnjaka po jednoj biljci bili veći u toplim i vlažnim godinama, u odnosu na hladne i suhe. Prinos kukuruza bio je značajnije smanjen kod *no-till* obrade u odnosu na konvencionalnu, i kod mračnjaka koji je ranije ponikao. Broj sjemenki mračnjaka kretao se od 18 000 m^{-2} kod ranije poniklih biljaka u *no-till* sustavu obrade do samo 100 sjemenki m^{-2} kod kasnije poniklih biljaka. U konvencionalnoj obradi broj sjemenki se kretao od 3800 m^{-2} kod ranije poniklih biljaka do 340 m^{-2} kod kasnije poniklih biljaka. Prema istraživanju **Zanina i Satina** (**1988**) kukuruz je smanjio produkciju sjemena mračnjaka za 50%. Najveći broj sjemenki mračnjaka proizveden je kada je bilo 20 do 30 jedinki mračnjaka m^{-2} u usjevu kukuruza, odnosno kod 30 do 35 biljaka kad je mračnjak uzgajan van kulture. Kada je po m^2 u kukuruzu bilo prisutno samo četiri do pet biljaka mračnjaka, korov je proizvodio 8 000-10 000 sjemenki m^{-2}. Autori su također izračunali znatan pad prinosa kukuruza koji izaziva samo 0,3 do 2,4 jedinki mračnjaka po m^2. I **DeFelice i sur.** (**1988**) su utvrdili da mračnjak uzgajan u monokulturi ima veću masu suhe tvari, indeks površine lista i visinu

nego kada je uzgajan u kukuruzu. Mračnjak sijan pet tjedana nakon kukuruza imao je sve istraživane parametre slabije u odnosu na biljke sijane istovremeno s kukuruzom. U ovom istraživanju nije utvrđen utjecaj obrade tla na značajke biljaka mračnjaka. Na kraju vegetacijske sezone kompeticija s kukuruzom u uvjetima kasnije sjetve znatno je smanjila populaciju mračnjaka. Navedeno upućuje na značaj poznavanja kritičnog razdoblja zakorovljenosti. Naime, vidljivo je da korovi koji niču nakon kritičnog razdoblja zakorovljenosti ne nanose štete kulturi. **Lešnik (1999)** je utvrdio najveću kompeticiju kada je mračnjak nicao zajedno s kukuruzom ili do pet dana poslije kukuruza. Prinos kukuruza smanjen je za 34-49% kada je posijano 50 jedinki mračnjaka m^{-2}, dok je kod 150 posijanih jedinki m^{-2} redukcija prinosa iznosila 51-96% ovisno o vegetacijskoj sezoni. U navedenim istraživanjima nicanje mračnjaka je bilo istovremeno s kukuruzom. Redukcija prinosa smanjuje se s kasnijim nicanjem mračnjaka te mračnjak koji je niknuo 25 dana nakon kukuruza nije pričinjavao značajne štete kukuruzu.

Osim europskog mračnjaka, u usjevu kukuruza se još češće i sa većim brojem javlja pelinolisni limundžik – *Ambrosia artemisiifolia* L.. Najčešći sinonim za ovu vrstu je *Ambrosia elatior* L.. Prema *European Plant Protection Organization* (EPPO), limundžik je nativna vrsta u Sjedinjenim Američkim Državama, Kanadi i Meksiku, odakle je proširena u Europu, Aziju, Južnu Ameriku, Srednju Ameriku, Australiju, Novi Zeland i na Karipsko otočje.

Limundžik je jednodomna biljka (**Kovačević i Groman, 1964**). Vegetacijsko razdoblje traje 150-170 dana. Vegetativna faza (od nicanja do cvatnje) traje 100-120 dana, dok generativna faza (cvatnja, oplodnja i sazrijevanje sjemena) traje 50-60 dana. Jedna biljka limundžika prosječno proizvede 1 000-4 000 sjemenki, ali taj broj može biti i znatno veći. Prema **Ostojiću (2001)** jedan kilogram u prosjeku sadrži oko 500 000 sjemenki (pet put više nego u kilogramu sjemenki mračnjaka). Limundžik se odlikuje velikom morfološkom varijabilnošću (**Ostojić i sur., 1992**). Limundžik niče tijekom proljeća i ljeta. Jedinke koje niču rano u proljeće imaju dulje vegetacijsko razdoblje, više su, jače se granaju i proizvode veće količine sjemena od jedinki koje niču tijekom ljeta (**Ostojić, 2001**). Limundžik je sposoban nicati iz gornjih 5 cm tla ili pliće. Sjeme je kratko do umjereno dormantno u tlu. Obično je potrebna jedna godina da se u banci

sjemena u tlu količina sjemena limundžika smanji za 50%, a čak 10 godina za 99%. Za prekid dormantnosti potrebne su niže zimske temperature.

Listovi se također, kao i sjeme, mogu morfološki razlikovati ovisno o njihovoj starosti i položaju na stabljici. U istraživanjima je kod limundžika ustanovljena velika raznolikost u habitusu (visini i dlakavosti biljke, obliku listova) (**Ostojić i sur., 1992**).

Wagner i Beals (1958) smatraju da je limundžik kao korov prvi put otkriven u Americi prije 1838. godine (**cit. Kazinczi i sur., 2008a**). **Kazinczi i sur. (2008a)** citiraju **Comtoisa (1998)** koji tvrdi da je limundžik u Europu unesen prijevozom prehrambenih proizvoda i ratne opreme iz SAD-a tijekom Prvog svjetskog rata. Smatra se da je sjeme limundžika uneseno i s pošiljkama sjemena crvene djeteline te uvozom žita i krumpira. Međutim, njegova adaptacija i brzo širenje počelo je tijekom Drugog svjetskog rata. Pretpostavlja se da je širenje počelo iz europskih luka, iz Rijeke prema kontinentalnim dijelovima Hrvatske, iz Trsta i Genove prema sjevernoj Italiji i iz Marseillea prema dolini Rajne.

Nakon unošenja u Europu, limundžik dugo nije nanosio nikakve štete. Sve do sedamdesetih godina prošloga stoljeća nije bila znatnije proširen po zemljama Europe niti je predstavljao tako veliki problem kao u SAD-u. Budući da sa sjemenom limundžika nisu uneseni i prirodni neprijatelji, a u novom je području pronašao slične agroekološke uvjete za razvoj, toliko se raširio da je postao najrasprostranjenija i najštetnija korovna vrsta okopavina (**Ostojić, 2001; 2005**).

Prema **Kovačević i Gromanu (1964),** limundžik je u Europu unesen 1863. **Kazinczi i sur. (2008a)** citiraju nekolicinu autora koji ističu tri glavna područja na kojima se limundžik pojavio: dolina Rajne (Francuska), sjeverna Italija i područje Karpatskog bazena. U posljednja je dva desetljeća limundžik postao jedan od najčešće spominjanih korova u istočnoj Europi.

Limundžik je u Hrvatskoj prvi put zabilježen 1940. godine u blizini Pitomače (**Kovačević, 1943**), iako **Šulek (1879)** limundžik spominje još prije više od 60 godina u djelu *Jugoslavenski imenik bilja*. Hrvatski herbolog Josip Kovačević prvi put ga pronalazi u sjemenu crvene djeteline pripremajući doktorsku disertaciju o poznavanju sjemenske korovne flore. Provjeravajući čistoću sjemena crvene djeteline podrijetlom iz Pitomače, među nečistoćama je uočio i sjeme limundžika. Tako su prvo uočene sjemenke, a tek

kasnije odrasle biljke limundžika. Isti autor smatra da je u Hrvatsku limundžik unesen prometom između naše zemlje i susjedne Mađarske. U istome radu spominje i drugu pretpostavku o uvezenosti limundžika zajedno sa sjevernoameričkim sjemenjem. U svakom slučaju, širenje je limundžika povezano s prometom sjemenja kulturnog bilja, posebice sjemenja lucerne i crvene djeteline. Crvena se djetelina u prošlosti najviše uvozila iz SAD-a u područje sjeverozapadne Hrvatske.

Između Save i Drave limundžik je postao najvažniji širokolisni korov. Sve više se širio te je dospio i u priobalna poljoprivredna područja, odnosno u područje Istre, Ravnih kotara, doline Neretve i drugdje (**Ostojići sur., 1992; Ostojić 2001**). **Ostojić (2011)** je promatrao širenje limundžika tijekom četrdesetogodišnjeg perioda. Autor tako 1969. godine nije pronašao ni jednu jedinku limundžika na svim istraživanim lokacijama, dok je 2009. godine limundžik pronađen na 71,4% površina i sada je nazastupljenija širokolisna korovna vrsta okopavinskih kultura.

Limundžik je vrlo štetan korov i njegova se štetnost ogleda višestruko. Velike štete nanosi poljoprivredi. Zakorovljuje sve okopavine, a osobito kukuruz, soju, suncokret, duhan, šećernu repu, krumpir, razne povrtnice i sl. Prisutan je i u usjevima gustoga sklopa, osobito u jarim žitaricama i žitaricama prorijeđenog sklopa, i to najčešće na rubovima njiva (**Ostojić, 2001**). Nadalje, pojavljuje se na strništima gdje može potiskivati druge korove. Zahvaljujući kompetitivnim sposobnostima uzrokuje znatne gubitke prinosa kultura. Do kraja ljeta, ako nije suzbijen, limundžik može nanijeti veliku štetu u svim usjevima, osobito u suncokretu (**Kazinczi i sur., 2008b**). Budući da limundžik, kako je rečeno, voli svjetlo i budući da je biljka kratkog dana, veće štete nanosi kulturama rijetkoga sklopa nego kulturama gustog sklopa (**Ostojić, 2001**).

Kazinczi i sur. (2008b) citiraju radove nekih autora (**Toth i sur., 2001; Szentey i sur**., **2004**) koji ističu određene biološke značajke koje mogu znatno pridonijeti štetnom utjecaju limundžika. Jak je kompetitor jer dobro iskorištava hranjiva, kontinuirano niče, proizvodi znatnu biomasu, tolerantan je na sušu, iskazuje alelopatsko djelovanje i dobro podnosi stresne uvjete. Prema višegodišnjim istraživanjima **Varge (2006**; **cit. Kazinczi i sur., 2008b)**, tijekom posljednjih godina samo jedna biljka limundžika po m^2 uzrokuje pad prinosa kukuruza od 0,235 t ha^{-1}. U drugom istraživanju istog autora, 9, 18 i 26 biljaka limundžika po m^2 uzrokuje gubitke prinosa kukuruza od 42-54%, 62% i 70-71%.

U suncokretu 1, 2, 5 i 10 biljaka limundžika m^{-2} uzrokuje smanjenje prinosa suncokreta od 7, 11, 25 i 37%. Međutim, treba uočiti da povećanje broja biljaka po jedinici površine ne povećava proporcionalno i pad prinosa jer je poznata činjenica da pri većem broju jedinki po jedinici površine "*korov postaje korovu korov*".

Prema morfološkim i genetskim značajkama limundžik je varijabilna vrsta. Široke je ekološke amplitude (adaptibilan). Tako **Ostojić (2001; 2005)** često ističe da je limundžik toploljubiva korovna vrsta. Međutim, prateći nicanje korova, u poslijednje vrijeme može se uočiti da se javlja gotovo među prvima u proljeće, odnosno u žitaricama već sredinom ožujka. Nije ustanovljeno niču li neki biotipovi ove vrste ranije od drugih biotipova.

Kazinczi i sur. (2008b) navode podatak Kőmívesa da limundžik u poljoprivredi uzrokuje gubitak od 130 milijuna eura godišnje. Nadalje, stvara probleme pri izvozu s obzirom na to da je u nekim zemljama karantenski korov **(Kostov i Pacanoski., 2009)**. Zbog svoje naglašene invazivnosti ima štetan utjecaj na ekološku ravnotežu i biološku raznolikost. Nanosi probleme čak i u turizmu, npr. vrlo je prisutan oko jezera Balaton, jednog od glavnih mađarskih turističkih odredišta.

Osim problema u poljoprivredi, limundžik velike štete čini i u zdravstvu. Polen je limundžika jedan od najjačih poznatih alergena. Sve vrste roda *Ambrosia*, a osobito *Ambrosia artemisiifolia*, proizvode velike količine polena. Polenov prah kod osjetljivih ljudi i životinja nadražuje sluznice nosa, grla, očiju, otežava disanje, uzrokuje astmu i rinitis itd. Simptomi alergije mogu biti i crvenilo očiju, suzenje, začepljenje nosa, svrab u nosu, kihanje, kašalj, promjene na koži i u probavi itd. Prema različitim podacima 10 do 20% hrvatske populacije pati od alergije izazvane polenom ove vrste. To ne iznenađuje kada se zna da samo jedna biljka limundžika može proizvesti 5,5 g peluda (oko 800 000 peludnih zrnaca), a alergijsku reakciju izaziva svega 30 peludnih zrnaca po m^3 (**Galzina i sur., 2006**).

Važno je naglasiti još jedan oblik štetnosti limundžika, a to je njegova alelopatska sposobnost. **Kazinczi i sur. (2008b)** nabrajaju brojne autore koji su proučavali interakciju između limundžika i poljoprivrednih kultura i mikroorganizama tla. Tako se ekstrakt lista limundžika pokazao kao najjači inhibitor u biotestovima sa šćirom, ozimom pšenicom, djetelinom i bijelom gorušicom. U testovima nicanja ekstrakti limundžika inhibirali su

nicanje soje, kukuruza, suncokreta, graška i graha od 20 do 54%. U obrnutom pristupu, ekstrakt suncokreta djelovao je stimulirajuće na limundžik, čime se možda može objasniti dominacija ove vrste u korovnoj flori suncokreta.

Već je navedeno da se i šćir (*Amaranthus retroflexus* L.) kao jednogodišnja širokolisna vrsta često javlja u usjevu kukuruza. Pripada rodu *Amaranthus*, koji uključuje i kultivirane žitarice – amarant. Potječe iz središnjeg dijela Sjeverne Amerike (**Kovačević, 1976)**. Šćir je značajan korov u poljoprivrednim regijama sjeverne polutke, u sjevernoj Africi, Europi, Srednjem i Dalekom Istoku (**Mitich, 1997**). Prema istom autoru nalazimo ga uz ceste, na nekultiviranim površinama, kultiviranim poljima i vrtovima. Šćir je jedan od glavnih korova u okopavinskim kulturama (kukuruzu, soji, šećernoj repi i dr.). Također može nanositi štete i jarim žitaricama. Ime roda *Amaranthus* potječe od grčkog izraza za "biljku koja nikad ne blijedi". Ime vrste, *retroflexus*, odnosi se na opušteno lišće "okrenuto prema dolje ili prema stabljici". Ovisno o fazi razvoja i količini dušika u tlu, šćir može akumulirati veliku količinu dušika (nitrata) tako da postaje otrovan za stoku. Najviša je razina nitrata netom prije cvatnje (**Mitich, 1997**).

Šćir je toploljubiva vrsta koja obično naraste od 0,6 do 1,8 metara (**Šarić, 1978**). Glavno korijenje mu je crvenkaste ili ružičaste boje. Stabljike su uspravne, zelene, blago crvene i imaju naglašeno grananje. Niži dijelovi stabljike su debeli i relativno glatki, a gornji su vrlo dlakavi. **Šarić (1978)** navodi da tamnozeleno lišće šćira dosta izražene nervature raste naizmjenično na stabljici. Listovi su uglavnom kopljastog oblika, a na naličju su istaknute bijele žile. Šćir cvjeta od srpnja do rujna. Oplodnju pretežno vrši vjetar, ali i kukci. Cvjetovi su mali, zeleni i nagomilani u guste prstaste šiljke od drugih, priključnih grozdova. Svaki je cvijet okružen s tri nesavitljiva listića u obliku šila. Listići su dvostruko dulji od cvijeća i imaju trnovite vrhove. Ako su priključni grozdovi uklonjeni, cvijeće se može razviti iz pazušca lišća (**Šarić, 1978**).

Jedna biljka šćira može proizvesti više od milijun sjemenki, od kojih je 95% klijavo (**Mitich, 1997**). Okrugle, plosnate sjemenke šire se vjetrom, pomoću životinja i kontaminiranim ratarskim sjemenom. Boja sjemena je od crvenkaste do sjajno crne kad su zrele. Period sazrijevanja sjemena je od kolovoza do listopada. Sjemenke šćira ne kliju u jesen. Postotak dormantnosti sjemena varira s dubinom tla u kojem se nalazi i mikroklimom. Istraživanja pokazuju da mogu ostati viabilna u tlu i do 40 godina. Na

nicanje sjemena utječe temperatura, tip tla i dužina dana. Sjemenke kliju tijekom ljeta. Ako je primjerena vlažnost, optimalna temperatura klijanja je od 30° do 40° C. Visoke temperature uvjetuju klijanje sjemena i tijekom kasnog ljeta i jeseni. Šćir raste na različitim tipovima tala. U istraživanju utjecaja pH tla na rast različitih korovnih vrsta, šćir je bio jedini od korovnih vrsta koji je preživio na svim tlima čija se pH vrijednost kretala u rasponu od 4,2 do 9,1. Najbolje uspijeva na tlima bogatim hranivima. Viša razina kalija i fosfora u tlu utječu na bolji rast šćira.

Šćir je značajna korovna vrsta i u Republici Hrvatskoj. **Ostojić (2011)** u četrdesetogodišnjem istraživanju utvrđuje njegovu prisutnost tijekom čitavog istraživanog perioda. Krajem analiziranog razdoblja (2009. god.) zakorovljenost šćirom iznosila je 57,1% istraživanih lokacija, što ga svrstava na peto mjesto po zastupljenosti korovnih vrsta.

Kompeticija šćira s kukuruzom proučavana je u malom broju istraživanja. Značajnije je istražena u drugim kulturama. U istraživanju **Kneževića i sur. (1994)** autori zaključuju da velik utjecaj na prinos ima vrijeme nicanja šćira u odnosu na vrijeme nicanja kukuruza. Naime, 0,5 jedinki šćira po dužnom metru reda kukuruza izazvalo je 5 %-tnu štetu kada je šćir nicao istovremeno s kukuruzom. Jednaku štetu uzrokovale su četiri biljke šćira koje su niknule u fenofazi kukuruza od 3-5 listova. Šćir koji je nicao nakon sedam listova kukuruza nije reducirao prinos.

Šćir u usjevima kukuruza Bliskog istoka predstavlja najznačajniju korovnu vrstu (**Vahedi i Zahra, 2010; Sheibany i sur., 2009**). **Sheibany i sur. (2009)** su utvrdili smanjenje prinosa zrna kukuruza od 2,5 t ha^{-1} u slučaju kada je bilo 35 biljaka šćira po m^2 u sklopu kukuruza od 70 000 biljaka. Pad prinosa zabilježen je do povećanja broja biljaka šćira do 50 po m^2. Povećanjem broja biljaka šćira od 50 do 80 po m^2 daljnji pad prinosa kukuruza nije zabilježen. Povećanjem gnojidbe dušikom raste i kompetitivnost šćira u kukuruzu **(Vahedi i Zahra, 2010).** U istraživanju istih autora 10 biljaka šćira uzrokovalo je pad prinosa kukuruza od 30,8; 25,9; 50,4 i 60,8%, ovisno o gnojidbi koja je iznosila 0, 100, 160 i 220 kg N ha^{-1}. Smanjenje je prinosa bilo još znatnije kad je kompeticiju pravilo 20 biljaka šćira (od 38,5% bez gnojidbe dušikom do 72,5% kada je usjev bio gnojen s 220 kg dušika po hektru). **Hartley i Popy (1992)** utvrdili su smanjenje prinosa kukuruza šećerca od preko 50% uzrokovanog šćirom **(cit. Vahedi i Zahra, 2010)**.

S gledišta broja djelatnih tvari i broja pripravaka, kukuruz je kemijskoj industriji jedna od najinteresantnijih poljoprivrednih kultura za razvoj suzbijanja korova. Tome u prilog ide što je od ukupno 77 djelatnih tvari s 273 pripravaka koliko je registrirano u Republici Hrvatskoj, u kukuruzu je registrirano 26 djelatnih tvari sa 110 pripravaka (**Barić i Ostojić, 2012**). Od ukupno 31 milijarde dolara, koliko iznosi svjetsko tržište sredstava za zaštitu bilja, 51% se potroši na herbicide (**Copping, 2002**). Najviše se herbicida, njih 75%, potroši u Sjevernoj Americi, Europi i Japanu. Najznačajnija su područja primjene herbicida usjevi kukuruza, žitarica, riže i pamuka, te primjena neselektivnih herbicida.

Međutim, to nije bilo uvijek tako. Povijest poljoprivredne proizvodnje **Zimdahl (1999)** dijeli u tri ere. Prvu eru naziva *„erom krvi, znoja i suza"* koju karakterizira puno ljudskog rada i opća glad. Većinu su svjetskog stanovništva u to vrijeme činili poljodjelci na malim i jedva održivim farmama. Drugu eru **Zimdahl (1999)** naziva *„mehanička era"* koja je započela izumom strojeva koji štede radnu snagu. Godine 1793. izumljen je stroj za obradu pamuka. Nakon toga je McCormik 1834. izumio traktor i kombajn koji je u proizvodnju krenuo nekoliko godina kasnije (1840. godine). John Deere je 1837. godine uveo revoluciju čeličnim plugom. I treća era u poljoprivredi je *„era kemizacije"*. Ovu eru karakteriziraju visoki prinosi i uporaba značajnih količina gnojiva i pesticida. Početkom ove ere se smatra 1945. godina kad su mineralna gnojiva i pesticidi postali široko dostupni, iako je Homer još 1 000 godina prije Krista pisao o sumporu kao tvari koja "odvraća" štetočine. Grčki filozofi Teofrast i Demokrit također su pisali o mogućnostima uništavanja korova tvarima iz biljaka. Ovi podatci govore da se herbicidne kemijske tvari primjenjuju dugo vremena u poljoprivredi, ali je njihova primjena bila sporadična i često neučinkovita **(Zimdahl, 1999).** Što se tiče povijesti primjene herbicida, ona počinje daleke 1896. godine u Francuskoj i 1898. u Ujedinjenom Kraljevstvu kada je bakreni sulfat primjenjivan u *post-emergence* roku u žitaricama za suzbijanje širokolisnih korova. Selektivnost bakrenog sulfata bila je osigurana položajem i oblikom lista širokolisnih korova u odnosu na uspravan položaj lista žitarica. Između 1901. i 1919. godine u zemljama Europe i SAD-a primjenjivani su željezni sulfat i sumporna kiselina kao *post-em* selektivni herbicidi u žitaricama. Do Drugog svjetskog rata primjenjivali su se u *post-emergence* roku u žitaricama i dinitro fenoli i dinitro krezoli (DNOC).

Prava revolucija u suzbijanju korova u žitaricama počela je nakon 1941. godine i otkrića herbicidne aktivnosti 2,4-diklorfenoksi octene kiseline (2,4-D) i njenih soli, amina i estera. Ovaj herbicid i kemijski povezane klorirane fenoksi alkalne kiseline (MCPA i dr.) bili su prvi pravi selektivni herbicidi koji suzbijaju širokolisne korove u travama (kojima pripada i kukuruz). Iste godine otkriven je i herbicid profam – prvi herbicid iz značajne skupine karbamata. Tih nekoliko molekula (DNOC, 2,4-D, MCPA i profam) označilo je pravi početak kemijskog suzbijanja korova kakvog mi danas poznajemo. Većina dotad primjenjivanih herbicida koristila se u *post-emergence* roku. To se ubrzo mijenja. Naime, 50-tih godina prošlog stoljeća sintetizirani su herbicidi iz kemijske skupine simetričnih triazina (simazin, atrazin, i dr.) i fenil derivata uree (linuron i dr.) koji su selektivni u usjevima koji zauzimaju velike površine kao što su kukuruz, soja i pamuk, a suzbijaju jednogodišnje širokolisne korove. Sredinom 60-tih godina prošlog stoljeća otkrivena je kemijska skupina kloracetamida kojom je uspješno riješeno suzbijanje jednogodišnjih uskolisnih korova u kukuruzu. Tih su se godina uglavnom primjenjivale kombinacije herbicida iz skupine triazina (najčešće atrazin) i kloracetamida (acetoklor, metolaklor ili dimetenamid) kao rješenje za suzbijanje obje skupine jednogodišnjih korova u kukuruzu. Navedene kombinacije uglavnom su primjenjivane u *pre-emergence* roku i u visokim dozacijama (**Copping, 2002**). Otkrićem herbicida iz skupine inhibitora enzima acetolaktat sintaze polako se mijenja rok suzbijanja korova. Prema mehanizmu djelovanja ovoj skupini pripadaju sulfonil-ureje, imidazolinoni i triazolopirimidini. Karakteriziraju ih niska doza primjene, širok spektar djelovanja te prihvatljiva toksikološka i ekološka svojstva. Danas gotovo da nema značajnije poljoprivredne kulture u kojoj se ne primjenjuje barem jedan herbicid iz ove skupine. Istraživanja ovih herbicida u Hrvatskoj započela su 1987. godine (**Ostojić i sur., 1995**). U tom radu autori tvrde da su se otkrićem ove skupine herbicida stvorile nove mogućnosti suzbijanja korova u kukuruzu. Njima je moguće u potpunosti zamijeniti *pre-emergence* rok primjene herbicida, a mogu mu biti i nadopuna, naročito u suzbijanju problematičnih korovnih vrsta (višegodišnjih uskolisnih korova, korova rezistentnih na atrazin i dr.).

Do danas je poznato ukupno 17 mehanizama djelovanja herbicida, odnosno inhibitora za život biljke ključnih procesa. Jednu od značajnih skupina predstavlja skupina inhibitora biosinteze karotenoida. Herbicidi iz skupine inhibitora biosinteze

karotenoida ovaj proces inhibiraju na tri različita mjesta. Tako, jedna skupina inhibira biosintezu karotenoida na mjestu enzima fitoen desaturaze, drugima nije točno utvrđeno mjesto djelovanja, ali je povezano s inhibicijom 1-deoksi-D-ksiuloze 5 fosfat sintaze (DOXP). Posljednja otkrivena skupina inhibira biosintezu karotenoida na mjestu 4-hidroksifenil piruvat deoksigenaze (4-HPPD). Inhibitori 4-HPPD-a posljednji su otkriveni herbicidi po mehanizmu djelovanja (**Anonymus, 2007a**).

Zbog ključne uloge u metabolizmu aromatskih amino kiselina u sisavcima i sinteze kinona u biljkama, odnedavno se uvelike istražuje inhibicija HPPD-a. U tkivima biljke reakcija koju katalizira enzim HPPD i proizvod reakcije homogenizat (2,5-dihidroksifenilacetat) je aromatski prekursor plastokinona i tokoferola, dvije glavne skupine u masti topivih kinona koje se nalaze u kloroplastima viših biljaka. Plastokinon je poznat po ulozi prijenosnika elektrona između fotosustava II i kompleksa citokroma b_6/f i prijenosnika elektrona za enzim NAD(P)H-plastokinon oksidoreduktazu (**Berger i sur., 1993**). Plastokinon je također kofaktor za enzim fitoen desaturazu (**Pallett i sur., 1998**), koji je povezan s biosintezom fotosintetskih pigmenata. Tokoferol je strukturalna komponenta membrane klorofila i služi kao antioksidant (**Fritze i sur., 2004**).

Dioksigenaze imaju ključnu ulogu u degradaciji aromatskih tvari. Važan enzim u katabolizmu tirozina i fenilalanina većine organizama i u biosintezi plastokinona i tokoferola u biljkama koja počinje stvaranjem homogenizata je 4-HPPD. Inhibitori 4-HPPD tijekom biosinteze blokiraju transformaciju 4-hidroksifenilpiruvata u homogenizat. Inhibitori oponašaju povezivanje supstrata 4-hidroksifenilpiruvata na granični enzim-Fe ion na aktivnom mjestu formirajući stabilan ion-dipol transfer kompleks. Enzim HPPD katalizira kompleksnu reakciju koja uključuje oksidativnu dekarboksilaciju 2-keto kiselina bočnog lanca 4-hidroksifenilpiruvata s hidroksilacijom aromatskog prstena, premještanje 1,2- karboksimetil skupine i oslobađanje jedne molekule ugljičnog dioksida **(Pallett, 2000; Hirai i sur., 2002; Matringe i sur., 2005; Mitchell i sur, 2001)**. Plastokinon se smatra nužnim kofaktorom enzima fitoen desaturaze u biosintezi karotenoida **(Norris i sur., 1995; Böger i Sandmann, 1998)**. Gubitak karotenoida, posebno njihove uloge kao zaštitnika fotosustava protiv fotooksidacije, vodi do oksidativne degradacije klorofila i fotosintetskih membrana u tkivu u intenzivnom porastu. Na koncu se onemogućava sinteza i funkcija kloroplasta (**Böger i Sandmann,**

1998). Najznačajnije kemijske skupine herbicida iz inhibitora 4-HPPD su triketoni, izoksazoli i pirazoli (**Hirai i sur., 2002**). Simptom bijeljenja (*bleaching-a*) biljnog tkiva nakon primjene herbicida iz skupine inhibitora 4-HPPD povezan je s akumulacijom fitoena – prekursora karotenoida. Inhibitori 4-HPPD-a indirektno inhibiraju enzim fitoen desaturazu zbog nedostatka plastokinona koji su esencijalan kofaktor za enzime desaturaze (**Schulz i sur., 1993; Norris i sur., 1995**). Kao rezultat, fotosintetski aparat više nije stabilan na nivou karotenoida i molekule klorofila uništava jaka svjetlosna energija.

Povijest herbicida iz skupine inhibitora 4-HPPD seže u 70-e godine prošloga stoljeća, kad je japanska kemijska kompanija *Sankyo* utvrdila herbicidni učinak herbicida iz skupine benzpirazola (**Copping, 2002**). Prvi komercijalni proizvod baziran na ovim nalazima, pirazolinat, plasiran je na tržište 1980. godine (za suzbijanje jednogodišnjih i višegodišnjih korova u riži). Godine 1985. kompanija *Ishihara* komercijalizirala je drugi herbicid iz ove skupine – pirazoksifen, koji je drugi prekursor djelatne tvari detosil pirazolat (DTP). *Mitsubishi* petrokemija 1987. godine predstavila je benzofenap, koji je usko kemijski povezan s pirazoksifenom i koristi se u istim kulturama. Do danas su herbicidno aktivne molekule iz skupine benzopirazola zaštićene s više od 600 patenata. Vlasnici patentiranih tvari iz navedenih skupina su sve značajne svjetske kompanije koje vrše probir (*screening*) novih djelatnih tvari. Novi herbicid topramezon iz skupine benzpirazola je sintetiziran tek 2006. godine. Topramezon je probran u kemijskoj kompaniji *BASF*. Sljedeći novi benzoilpirazol je pirasulfutol koji je sintetizirala kompanija *Bayer CropScience* za suzbijanje širokolisnih korova u žitaricama u *post-emergence* roku (**Copping, 2002**).

Neovisno o prethodno navedenim istraživanjima, istraživačka grupa u *Stauffer* kemijskoj kompaniji (tada *Zeneca*, kasnije *Novartis*, a sada *Syngenta*) identificirala je 2-benzoil-cikloheksan-1,3-dion kao novu herbicidnu kemijsku skupinu koja ima vrlo sličan odnos kemijske strukture i učinka kao i benzoilpirazoli. Navedena kemijska grupa ima diketonsku umjesto pirazolonske substrukture. Tijekom ovog istraživanja probrani su i komercijalizirani herbicidi sulkotrion (1991) i mezotrion (2001) za suzbijanje širokolisnih korova u kukuruzu. Kompanija *Bayer CropScience* predstavila je nakon toga (2007. godine) tembotrion (u kombinaciji sa safenerom) za suzbijanje širokolisnih i uskolisnih

korova u kukuruzu. Izoksaflutol, koji je prekursor diketonitrila DKN-a, komercijalizirala je 1996. godine kompanija *Rhone-Poulenc Agro* (sada *Bayer CropScience*) kao *pre-emergence* herbicid u kukuruzu (**Witschel, 2009**).

Već spomenuti **topramezon** ([3-(4,5-dihidro-isoksazol-3-il)-4-metansulfonil-2-metil-fenil](5-hidroksi-1-metil-1H-pirazol-4-il)metanon) koji je i predmet ovog istraživanja svrstan je u kemijsku skupinu pirazolona ili benzoil pirazolona (**Siddall i sur., 2002**). Komercijalno je poznat od 2006. godine (**Schönhammer i sur, 2006; Porter i sur., 2005**). Primjenjuje se u *post-emergence* roku u kukuruzu za suzbijanje mnogobrojnih uskolisnih i širokolisnih korova (**Schönhammer i sur, 2006; Porter i sur., 2005**). U Republici Hrvatskoj topramezon još uvijek nije registriran. Registriran je u velikom broju europskih zemalja kao i u Sjedinjenim Američkim Državama. **Schönhammer i sur. (2006)** smatraju da topramezon nije toksičan za čovjeka, životinje i korisne organizme, dok američka *Environmental Protection Agency* (EPA) navodi slabu akutnu oralnu, dermalnu ili inhalacijsku toksičnost. Prema nekim pak istraživanjima (**Anonymus, 2005**) topramezon blago iritira sluznicu oka i kožu. Selektivan je u merkantilnom kukuruzu, kukuruzu kokičaru i šećercu (**Schönhammer i sur., 2006**). Selektivnost topramezona zasniva se na slabijoj osjetljivosti enzima 4-HPPD kukuruza na topramezon. Tako su **Grossmann i Ehrhard (2007)** utvrdili koncentraciju topramezona potrebnu za inhibiciju 50% enzima 4-HPPD (I_{50}) u vrstama *Setaria faberi* L. i *Arabidopsis thaliana* L. koja iznosi 15 i 23 nM, dok je aktivnost enzima u kukuruzu bila deset puta manja s I_{50} koncentracijom 150 nM. Isti autori navode da su biljke kukuruza brže metabolizirale topramezon u odnosu na vrste *Setaria faberi, Sorghum bicolor* (L.) Moench i *Solanum nigrum* L. Tako je u biljkama kukuruza utvrđeno 31% apsorbiranog topramezona 24 sata nakon tretiranja, dok je u korovnim biljkama pronađeno od 62% u vrsti *Setaria faberi* do 82% u vrsti *Solanum nigrum*. Nakon 48 sati utvrđena je količina od svega 14% topramezona u kukuruzu, dok je u korovnim vrstama *Setaria faberi, Sorghum bicolor* i *Solanum nigrum* utvrđeno 79, 91 i 86% nemetaboliziranog topramezona od primijenjene količine. **Soltani i sur (2007)** u istraživanju osjetljivosti na osam hibrida kukuruza šećerca nisu utvrdili različitu osjetljivost između hibrida. Minimalne fitotoksičnosti utvrđene su tek pri dozi od 300 g d.t. ha^{-1}, što je gotovo pet puta više od propisane količine ovog herbicida. Ovi rezultati potvrđeni su i u

istraživanjima **Bollmana i sur. (2008)** gdje također nije utvrđena razlika u osjetljivosti između hibrida kukuruza šećerca na rastuće doze topramezona. Ustanovili su tek blage fitotoksične simptome na svim hibridima kad su primijenjene visoke doze. **Williams i Pataky (2010)** su utvrdili fitotoksičnost manju od 5% na ukupno 952 hibrida kukuruza šećerca tretiranih topramezonom. U istom istraživanju je nakon primjene mezotriona utvrđena fitotoksičnost od 5-30% na 151 hibridu i veća od 30% na 17 hibrida kukuruza šećerca. U istraživanjima provedenim u Grčkoj (**Gitsopoulos i sur., 2010**) s aplikacijom topramezona u dozi od 50 g d.t. ha^{-1} topramezona u kombinaciji s adjuvantom Dash HC u dozi 1 l ha^{-1} u tri fenofaze kukuruza (2-4 lista, 4-6 listova i 6-8 listova), utvrđeni su vizualno blagi fitotoksični simptomi sedam dana nakon tretiranja na 8% biljaka tretiranih u prvoj fenofazi, na 5,3% prskanih u drugoj te na svega 3,3% biljaka prskanih u trećoj fazi aplikacije. Navedeni simptomi fitotoksičnosti nestali su 20 dana nakon aplikacije i nisu imali utjecaja na prinos, visinu biljaka i datum zriobe.

Topramezon u osjetljivim biljnim vrstama uzrokuje simptome fitotoksičnosti karakteristične za sve herbicide iz skupine inhibitora 4-HPPD. To su gubitak klorofila, bijeljenje (*bleaching*) i nekroze rastućeg tkiva (**Schönhammer i sur., 2006**). **Grossmann i Ehrhard (2007)** su utvrdili 2-5 dana nakon tretiranja topramezonom korova *Setaria faberi, Sorghum bicolor i Solanum nigrum* jako bijeljenje nadzemnih dijelova svih istraživanih korova. Na biljci koja je u intenzivnom porastu prvi simptomi su se pojavili na apikalnom meristemu i interkalarnoj meristemskoj zoni internodija i listova, uključujući lisnu nervaturu i prostor između nje. Rast biljaka korovne vrste *Setaria faberi* bio je zaustavljen 28 sati nakon tretiranja. Pod utjecajem svjetla izbijeljeni dijelovi listova postali su nekrotizirani i biljke su suzbijene 14 dana nakon tretiranja **(Grossmann i Ehrhard, 2007)**.

Što se tiče perzistentnosti, topramezon je perzistentan herbicid u tlu. Vrijeme poluraspada je dulje od 125 dana. Iako je raspad topramezona na metabolite ovisan o mikroorganizmima, smatra se da širenje topramezona u okoliš prvenstveno ovisi o vezanju na adsorpcijski kompleks tla. Studije adsorpcije i desorpcije pokazuju da topramezon može biti vrlo mobilan u tlu. Određene količine topramezona mogu ostati vezane na humusne ili čestice gline i tijekom godina se nakupiti. Sporom desorpcijom topramezon dolazi u tekuću fazu tla te može produljiti početnu fitotoksičnost. Ni abiotska

hidroliza niti fotoliza u vodi ili tlu ne smanjuju značajno količine topramezona u tlu (**Anonymus, 2005)**. Zbog svega navedenog topramezon ograničava plodored. U jesen nakon aplikacije smiju se sijati sve ozime žitarice, a u proljeće jare žitarice, uljana repica, krumpir, uljane mahunarke i kukuruz. Uzgoj šećerne repe i suncokreta nije preporučljiv godinu dana nakon tretiranja topramezonom, dok je u slučaju potrebe presijavanja, kukuruz moguće odmah uzgajati (**Schönhammer i sur., 2006**).

Propisane dozacije topramezona su relativno niske. Primjenjuje se u dozama od 50 do 75 g d.t. ha^{-1} (**Schönhammer i sur., 2006**). Usvajanje topramezona odvija se listovima i korijenom. U biljci se kreće akro i bazipetalno (**Schönhammer i sur., 2006; Grossmann i Ehrhard, 2007**). Usvajanje je olakšano ukoliko je tretiranje izvedeno u optimalnim uvjetima svjetla, temperature i vlage zraka. Ukoliko se intenzitet svjetla smanji sa 100 na 2 $\mu mol/m^2s^{-1}$, usvajanje topramezona se smanjuje (za 50%). Kod smanjenih temperatura nakon aplikacije (s 22°C na 8°C) usvajanje topramezona također je smanjeno za 50%. Utjecaj vlage zraka na usvajanje topramezona ima manji utjecaj. Povećanje vlažnosti zraka iznad 75% povećava usvajanje topramezona. Također je poboljšano usvajanje ukoliko se nalazi u škropivu niže pH vrijednosti. Dodatak limunske kiseline ili NaH_2PO_4 poboljšava usvajanje topramezona (**Grossmann i Ehrhard, 2007**). Uz ovaj herbicid preporučuje se primjena adjuvanata (**Schönhammer i sur., 2006; Grossmann i Ehrhard, 2007**). U istraživanjima **Grossmanna i Ehrharda (2007)** utvrđeno je usvajanje više od 75% topramezona 24 sata nakon tretiranja, ukoliko je dodan adjuvant iz skupine MSO-a, dok je u istom razdoblju usvojeno manje od 10% iste količine topramezona, ali bez dodanog adjuvanta.

Herbicidni učinak topramezona bio je manje istraživan. **Schönhammer i sur. (2006); Zollinger i Ries (2006); Goršić i sur. (2008)** ističu da je topramezon primijenjen u kombinaciji s adjuvantom izvrsnog učinka na gotovo sve jednogodišnje širokolisne korove, uključujući *Abutilon theophrasti, Amaranthus retroflexus, Ambrosia artemisiifolia, Chenopodium album, Solanum nigrum, Polygonum lapathifolium, Polygonum persicaria* i dr. Učinak na uskolisne korove ovisi o razvojnoj fazi korova i uvjetima okoline u vrijeme primjene (**Zollinger i Ries, 2006; Goršić i sur., 2008**).

Da bi herbicidi uspješno djelovali moraju doprijeti u protoplazmu. Na putu herbicida do protoplazme najveću barijeru predstavlja kutikula na površini zelenih biljnih

organa. Kutikula je tanki sloj (<0,1-10 μm) uglavnom masnih tvari koje sintetiziraju epidermalne stanice i deponiraju ih na vanjske dijelove (**Kirkwood, 1999**). Primarna uloga kutikule je smanjivanje transpiracije vode s površine lista (**Hess i Foy, 2000**). Sastoji se od epikutikularnih voskova, ugrađenih voskova, kutina i pektina. Glavni sastojak kutikularne membrane je lipidni poliester kutin unutar kojega se nalaze lamele i fibrile (**Holloway, 1993**). Za prodor herbicida u biljno tkivo glavnu zapreku čine kutikularni voskovi. Uspješno kretanje *post-emergence* herbicida kroz lipofilnu kutikulu ovisi o nekoliko faktora. Najvažniji su koeficijenti odnosa herbicida i djelova kutikule (npr. depozit herbicida i kutikula, vosak, kutin i pektin; kutikula i stanična stijenka), sila koja gura herbicid (gradijent koncentracije) kroz kutikulu i prodor (topivost) herbicida unutar kutikularnih komponenata (**Hess i Foy, 2000**). Za olakšani prodor herbicida kroz kutikulu u biljno tkivo i još mnogo drugih, za djelovanje herbicida značajnih funkcija, herbicidu se dodaju adjuvanti.

Postoji puno definicija adjuvanata. Američko društvo za proučavanje korova (**WSSA; Anonymus, 2007a**) definira adjuvante kao *"nešto što dodajemo u škropivo kako bi poboljšali učinak djelatne tvari"*. Adjuvanti mogu biti formulirani u herbicidni pripravak ili se mogu dodati u spremnik kao tank miks. Američko društvo za testiranje tvari (**ASTM; Anonymus, 1999**) daje definiciju da su *"adjuvanti tvari koje se dodaju u tank miks kako bi poboljšali ili modificirali djelovanje djelatne tvari ili fizikalne karakteristike škropiva"*. Prema UK Pesticide Guide-u *"adjuvanti su tvari drugačije od vode, a koje poboljšavaju učinak pesticida s kojim su pomiješani"* (**Anonymus, 2004**). Adjuvante dodajemo škropivu zbog dva razloga. Prvi je održavanje doze herbicida konstantnom uz proširenje spektra djelovanja, a drugi je smanjenje doze herbicida, uz to da pritom razina suzbijanja korova ostane ista (**Wang i Liu, 2007**).

Povijest uporabe adjuvanata za sredstva za zaštitu bilja seže u 18. i 19. stoljeće kada su kao aditivi korišteni katran, smola, melasa i šećer u kombinaciji s vapnom, sumporom, bakrom i arsenatima, kako bi im se poboljšalo lijepljenje i izmijenila fizikalna i biološka svojstva škropiva (**Green i Beestman, 2007**). Otopine soli i kerozin primjenjivali su se u Sjedinjenim Američkim Državama za suzbijanje jaja štetnih kukaca ili su dodani spojevima arsena da bi poboljšali učinak na korove. Sapuni koji su pravljeni

od masnoća životnja, riba ili kitova primjenjivani su kako bi poboljšali učinak pesticida (**Duncan, 2003**).

Kako je navedeno, moderna era uporabe pesticida počinje 1940-ih i 1950-ih kada su stavljeni na tržište najzastupljeniji pesticidi: 2,4-D i DDT. Kao prvi adjuvanti korišteni su sapuni i mineralna ulja koje su kasnije zamijenili neionski surfaktanti. Dušična gnojiva kao amonijev sulfat (AMS) također su upotrebljavani kako bi poboljšali učinak herbicida, a glicerin je primjenjivan kao humektant, odnosno tvar koja produljuje period sušenja škropiva. Razvojem "modernih" tipova adjuvanata kao što su, primjerice, koncentrirana biljna ulja (COC) 1960-tih i 1970-tih, smanjivana je originalna propisana doza i količina škropiva tada najkorištenijih herbicida kao što je atrazin. Kasnije su predstavljeni organosilikonski adjuvanti (podskupina unutar neionskih surfaktanata) koji daju škropivu odlična svojstva širenja kapljice, okvašivanje i koji poboljšavaju prodor *post-em* herbicida u tkivo korova.

Ukupna je proizvodnja pesticida 2000. godine iznosila preko tri milijuna tona djelatnih tvari (**Tilman i sur., 2002**). Procjenjuje se da od ukupne količine pesticida koji se apliciraju za suzbijanje korova i drugih štetočina, samo vrlo mali dio (<0,1%) doista dolazi do mjesta djelovanja određene molekule, dok se ogroman dio izgubi zanošenjem, neciljnim prskanjem, ispiranjem, fotodegradacijom i dr. Navedeno ne samo da uzrokuje značajno povećanje troškova zaštite bilja, već također predstavlja i ozbiljan problem za okoliš. Jedan od najučinkovitijih načina poboljšanja učinka pesticida i smanjenja njihova utjecaj na neciljne organizme jest poboljšanje prodora djelatne tvari u biljno tkivo (**Pimentel, 1995**).

Usvajanje herbicida primijenjenih u *post-em* roku listovima i drugim zelenim dijelovima kompleksan je proces koji ovisi o značajkama površine lista biljaka, fizikalno-kemijskim karakteristikama pripravka za zaštitu bilja, tipu i koncentraciji adjuvanta te okolišnim uvjetima. Usprkos velikim zahtjevima za djelotvornijom primjenom sredstava za zaštitu bilja, samo je djelomično objašnjeno kako svaki od navedenih faktora utječe na usvajanje (**Wang i Liu, 2007**).

U odnosu na ukupni promet pesticida, adjuvanti zauzimaju mali udio. Međutim, tržište adjuvanata najbrže je rastuće tržište unutar svih tržišta u zaštiti bilja. U 2001. godini vrijedilo je 940 milijuna dolara za tretiranje usjeva i 130 milijuna za

nepoljoprivredne površine. Najveće tržište adjuvanta su Sjedinjene Američke Države, i ono je 2001. godine predstavljalo 45% (**Duncan, 2003**), a 2005. godine 30% ukupnog svjetskog tržišta adjuvanata (**Knowles, 2006**). Zbog sve znatnije primjene *post-em* herbicida u Latinskoj Americi i drugim regijama gdje je ta primjena bila dosada zapostavljena, pretpostavlja se da će prodaja adjuvanata u svijetu godišnje rasti 3-5% (**Duncan, 2003**).

Adjuvante je prilično teško klasificirati bilo po kemijskoj pripadnosti, bilo po načinu (mehanizmu djelovanja) bilo po uporabi. Naime, svim drugim pesticidima je poznat mehanizam djelovanja, dok ih gotovo svaki adjuvant ima nekoliko. Ukoliko bismo ih podijelili po kemijskoj skupini, to je teško jer gotovo svaki adjuvant se sastoji od nekoliko molekula koje su različite prema kemijskoj pripadnosti. Zbog svega navedenog za adjuvante često kažemo da je njihova klasifikacija *„Kula babilonska“* ili *„Rašomonska šuma“* **(Goršić i sur., 2011).** Dva su osnovna tipa adjuvanata: (1) oni koji modificiraju fizikalne karakteristike škropiva – modifikatori i (2) oni koji poboljšavaju biološki učinak sredstava za zaštitu bilja – aktivatori (**Anonymus, 1999**).

Prvu skupinu adjuvanata čine modifikatori škropiva (eng. *utility*). Modifikatore škropiva dijelimo na primarne i sekundarne. Primarne modifikatore škropiva čine: tvari koje poboljšavaju kompatibilnost po nekim značajkama različitih tvari u škropivu (npr. različitih formulacija sredstava za zaštitu bilja, folijarnih gnojiva i po namjeni različitih sredstava za zaštitu bilja i dr.), tvari koje sprečavaju pjenušanje škropiva, tvari koje smanjuju zanošenje škropiva (*drift)*, odnosno smanjuju udio kapljica manjih od 150 μm, tvari koje poboljšavaju depoziciju herbicida na ciljane korove, kondicioneri vode i dr. Sekundarni modifikatori škropiva su: tvari koje zakiseljavaju škropivo, tvari koje djeluju kao puferi i tvari koje boje škropivo (**McMullan, 2000**).

Drugom tipu adjuvanata, adjuvantima aktivatorima, teško je utvrditi način djelovanja i učinke zbog mnogih interakcija koje rezultiraju poboljšanim učinkom herbicida. Čak i poboljšane fizikalne karakteristike škropiva (adjuvantima modifikatorima) mogu pozitivno utjecati na učinak herbicida. Utvrđeno je najmanje deset mehanizama djelovanja adjuvanata aktivatora. Prema **Penner-u (2000)** to su:

(i) redukcija površinske napetosti, odnosno povećanje površine koju škropivo pokriva. Ta je površina ključna za dobro djelovanje kontaktnih herbicida. Naime,

uklanjanjem zračnog filma između površine lista i škropiva, olakšava se prodor škropiva u list, te, naposlijetku, smanjenje površinske napetosti na 22 din/cm, kako bi olakšali prodor škropiva kroz kutikulu;

(ii) solubilizacija kutikule lista;

(iii) produljenje sušenja škropiva;

(iv) djeluju kao emulzifikatori i formiraju micele;

(v) povećavaju količinu škropiva na površini lista;

(vi) štite herbicide u škropivu od: (a) tvorenja soli koje se teže apsorbiraju, (b) fototransformacije i (c) kemijske transformacije;

(vii) otežavaju spiranje kišom poboljšanim usvajanjem ili otežanim spiranjem herbicida s površine lista;

(viii) povećavaju topivost herbicida u kutikuli djelujući kao kosolvent ili kopenetrator;

(ix) modificiraju depoziciju herbicida na površini lista preko: (a) povećanja kontaktnog kuta kapljice škropiva i (b) povećanja depozicije;

(x) poboljšavaju kretanje herbicida na površini biljke prema područjima lakše absorpcije.

Adjuvanti koji poboljšavaju biološki učinak (adjuvanti aktivatori) pripravaka za zaštitu bilja mogu potjecati iz tri skupine: (a) surfaktanti, (b) ulja, (c) dušična gnojiva.

Surfaktanti (akronim od eng. ***surf**ace **act**ive **a**g**ent***) su tvari koje poboljšavaju emulzifikaciju, disperziju, širenje, okvašivanje ili druge značajke tekućine modificirajući njene površinske karakteristike (**Anonymus, 1994**). Druga definicija koju navode iz Američkog društva za testiranje i tvari (**Anonymus, 1999)** navode da je surfaktant tvar koja, kada je dodamo u tekući medij, modificira karakteristike škropiva na površini lista.

Prema načinu ioniziranja tekućeg medija, surfaktante dijelimo u četiri grupe. Te grupe su: neionski surfaktanti – ne ioniziraju škropivo; kationski surfaktanti – pozitivno ioniziraju škropivo; anionski surfaktanti – negativno ioniziraju škropivo i, naposlijetku, amfoterični surfaktanti – u vodenom mediju tvore anione ili katione oviso o pH vrijednosti škropiva.

Neionski surfaktanti (NIS) najčešće su primjenjivana skupina surfaktanata u poljoprivredi. Više od 6000 pripravaka neionskih surfaktanata prodaje se diljem svijeta.

Surfaktanti ove skupine smanjuju površinsku napetost čime povećavaju površinu koju pokriva kapljica škropiva, a poboljšavaju i okvašivanje površine lista kapljicom. Utvrđeno je da su neionski surfaktanti poboljšali učinak nikosulfurona na vrstu *Setaria faberi* s 32%, kad surfaktant nije dodan, na 71% kad je surfaktant dodan. Učinak na mračnjak povećan je s 20 na čak 69% (**Green i Green, 1993**). U istraživanju **Singh i Singh-a (2008)** utvrđena je poboljšana apsorpcija glifosata 20 puta u odnosu kada adjuvant nije bio dodan. Isti autori su utvrdili povećanje raširenosti kapljice 200 puta (**Singh i Singh, 2008**).

Anionski surfaktanti obično se ne primjenjuju u poljoprivredi. Najčešće se koriste u kozmetičkoj industriji, tekstilnoj, industriji detergenata i dr. (**Copping, 2002**).

Kationski surfaktanti uobičajeno se nalaze u formulacijama i emulzifikatorima pri formuliranjima (pripravljanju) sredstava za zaštitu bilja. Zbog sve većih površina zasijanih genetički preinačenim usjevima, povećana primjena glifosata dovela je do sve značajnije primjene kationskih adjuvanata kao aktivatora za optimalan učinak glifosata. Kvatrene amonijske soli, grupa kationskih adjuvanata vrlo je toksična za vodene organizme. Zbog toga formulacije glifosata za primjenu na stajaćim vodama ili kanalima ne sadrže takve tvari kako bi se izbjegao rizik za vodene organizme.

Zbog nježnih i neiritirajućih značajki, amfoterični surfaktanti se koriste u kozmetičkim pripravcima za osobnu higijenu. Gotovo da se i ne koriste u zaštiti bilja.

Kako je već navedeno druga velika skupina adjuvanata su ulja. U početku su u poljoprivredi upotrebljavana mineralna (parafinska) ulja. Mogu se klasificirati kao ulja kojima se tretiraju usjevi (eng. *crop oils*), ulja koja se primjenjuju u stadiju mirovanja, a najčešće se apliciraju na voćke i vinovu lozu (eng. *dormant oil*) i koncentrirana biljna ulja (eng. *crop oil concentrate*; COC). Ove navedene skupine ulja u osnovi su mineralna ulja s različitim udjelom surfaktanta u formulaciji (3-20%).

Kao adjuvanti najznačajnija je skupina koncentriranih biljnih ulja (COC). Koncentrirana biljna ulja su stavljena na tržište 60-tih godina prošlog stoljeća. To su emulzificirani pripravci na bazi mineralnih ulja koji sadrže 5 do 20% surfaktanta i minimalno 80% ne fitotoksičnog ulja (**Hazen, 2000**). Međutim, unatoč nazivu "koncentrirano biljno ulje" - to nije ulje proizvedeno iz biljke. Osnova je mineralno ulje, a naziv biljno ulje je dobilo zbog toga jer su to ulja za prskanje biljaka. Koncentrirana

biljna ulja u Hrvatskoj se primjenjuju i kao insekticidi u trajnim nasadima za aplikaciju kada su voćnjaci i vinogradi u fazi mirovanja **(Bažok i Igrc Barčić, 2011)**. Ova ulja poboljšala su učinak herbicida iz skupine ariloksifenoksi propionata, cikloheksadinona, triazina, urea fenoksi kiselina, imidazolinona i dr. (**Foy, 1993; Gauvrit i Cabanne, 1993; Bunting i sur., 2004**). **Nandula i sur. (2007)** utvrdili su da se dodatkom COC-a značajno povećala akumulacija kletodima u izbojima pšenice.

„Prava" biljna ulja također se često primjenjuju kao adjuvanti za herbicide. Osnova u formulaciji su suncokretovo, sojino, kukuruzno, repičino ulje ili ulje zemnog orašca koja su kombinirana sa surfaktantima u različitim omjerima. Koncentrat biljnog ulja kad se koristi kao adjuvant sadrži uz 5 do 20% surfaktanta i minimalno 80% biljnog ulja. Modificirana biljna ulja su ulja ekstrahirana iz sjemenki biljaka i kasnije kemijski modificirana. Modificirani koncentrat biljnog ulja je emulzificiran, kemijski modificiran pripravak na bazi biljnoga ulja koji sadrži 5 do 20% surfaktanta i ostatak kemijski modificiranog biljnog ulja. Najznačajniju skupinu modificiranih biljnih ulja čine metilirana biljna ulja. Metilirana biljna ulja (MSO) su biljna ulja uglavnom iz uljane repice ili suncokreta. Da bi se dobili metilni esteri, esterificirana su alkoholom etanolom. MSO je u istraživanju **Buntinga i sur. (2004)** bio jedini adjuvant s herbicidom foramsulfuron koji je osigurao zadovoljavajući učinak na vrstu *Setaria faberi*. I **Stagnari i sur. (2006)** su utvrdili jak utjecaj mineralnog i biljnog ulja na učinak herbicida klodinafop-propargila i diklofop-metila+fenoksaprop-p-etila na vrste *Lolium multiflorum*, *Avena ludoviciana* i *Phalaris minor* Retz. **Müller i sur. (2002)** su utvrdili dvostruko bolje usvajanje fenmedifama u ječmu kada je dodan MSO u odnosu na etoksilirano repičino ulje.

Veliki je broj istraživanja koja objedinjuju rezultate učinka herbicida u kombinaciji s adjuvantima različitog porijekla. Isto tako istraživanja su usmjerena na poboljšanje učinka i propisane (pune) doze herbicida (prvi cilj primjene adjuvanata), proširenje spektra i istraživanje mogućnosti primjene smanjene doze (u odnosu na propisanu) herbicida uz zadržavanje istog (ili većeg) učinka na korove (drugi cilj uvođenja adjuvanata). U istraživanju učinka različitih doza rimsulfurona u kombinaciji s adjuvantima, **Tonks i Eberlein (2001)** su utvrdili izvrstan učinak najniže doze (9 g d.t. ha^{-1}) na *Amaranthus retroflexus* (šćir), bez obzira na dodan adjuvant (NIS, COC ili

MSO), što govori o visokoj osjetljivosti ove vrste na rimsulfuron zbog sporog metaboliziranja. Za razliku od šćira, učinak na vrste *Kochia scoparia* (L.) A.J. Scott i samoniklu zob (*Avena sativa* L.) ovisio je o dozi kao i o dodanom adjuvantu. Učinak na vrstu *Kochia scoparia* varirao od 75% uz dodatak NIS-a do 85% uz dodatak MSO-a pri dozi nikosulfurona od 9 g d.t. ha^{-1}. Pri istoj dozi nikosulfurona učinak na divlju zob varirao je od 68%, kada je u škropivo dodan COC, do 87% za kombinaciju s MSO-om. Autori dodaju i da je na vrstu *Solanum nigrum* također najbolji učinak (više od 90%) imala kombinacija nikosulfuron + MSO. Istraživanjem učinka herbicida rimsulfurona, različitih koncentracija surfaktanta i različitih volumena škropiva **Green (1996)** je utvrdio visok učinak (više od 90%) na vrstu *Setaria faberi* pri 0,1% koncentraciji surfaktanta u škropivu. Pri najnižim istraživanim koncentracijama surfaktanta (0,0008%) učinak je bio ispod 10%. Najveća koncentracija surfaktanta od 12,5% bila je sama po sebi fitotoksična i izazvala je smanjenje učinka rimsulfurona.

U istraživanjima **Xu-a i sur. (2010)** utvrđeno je znatno povećanje kuta kapljice i površine lista koju kapljica zauzima. Naime, na pet istraživanih biljnih vrsta kod kojih je kutikula pokrivena voštanom prevlakom, kut kapljice vode iznosio je 91,2-122,1°, ovisno o vrsti. Dodatkom COC-a kut je smanjen te je iznosio 37,4-58,2°, dodatkom MSO-a kut je iznosio 25,3-49,7°, a NIS-a 33,9-54,2°. Smanjenje kuta kapljice rezultiralo je većom površinom koju je isti volumen pokrivao. Tako su kapljice promjera 500 μm, kada je u škropivu bila samo voda, zauzimale površinu 0,114-0,275 mm^2. Močiva površina znatno je povećana dodatkom adjuvanata. Dodatkom MSO-a u škropivo površina kapljice znatno je povećana u odnosu na škropivo gdje je dodan COC, iako je COC bio primijenjen u dvostrukoj dozi u odnosu na MSO. Doprinos NIS-a širenju kapljice bio je sličan učinku MSO-a. Povećanje površine kapljice u koje je dodan NIS iznosilo je 267-739% u odnosu na škropivo bez adjuvanata.

Dušična gnojiva, kao treća skupina iz koje dolaze adjuvant aktivatori također se često dodaju škropivu s *post-em* herbicidima. Najčešće se primjenjuju amonijev sulfat (AMS) i urea amonijev nitrat (UAN). Dušična gnojiva mogu biti u tank miksu dodana u škropivo s NIS-om, COC-om, MSO-om ili zasebno bez kombinacije s adjuvantima. Točan mehanizam djelovanja ovih adjuvanata nije u potpunosti poznat, iako je u velikom broju radova utvrđeno povećano usvajanje herbicida u biljku kad je herbicid kombiniran s

dušičnim gnojivom (**Bunting i sur., 2004b**). Kad je UAN dodan kombinacijama foramsulfuron+COC i +MSO, učinak na vrstu *Setaria faberi* porastao je s 20% bez UAN-a na 85 i 90% s UAN-om, ovisno o adjuvantu, što je bilo znatno bolje od 65% koliko je iznosio najbolji učinak kombinacije s adjuvantom, ali bez dušičnih gnojiva (**Bunting i sur., 2004b**). Amonijev sulfat često se primjenjuje i kao kondicioner vode. Amonijevi ioni umanjuju slabiji učinak herbicida koji nastaje zbog antagonizma izazvanog kationima metala (Ca, Na, K, Mg) u vodi kao najčešćem nosaču herbicida (**Nalewaja i Matysiak, 1993**). Takvi problemi antagonizma često se javljaju s pripravcima na osnovi herbicida glifosata kad je voda za pripremu škropiva tvrda (**Thelen i sur., 1995**) ili kad biljke izlučuju kalcijeve soli na lisnu površinu, kao, primjerice, u vrstama porodice *Malvaceae*, poput vrste *Abutilon theophrasti* (**Hall i sur., 2000**). U nekoliko je istraživanja utvrđeno da dodatak AMS-a herbicidima povećava učinak na vrstu *Abutilon theophrasti* (**Maschhoff i sur., 2000; Young i sur., 2003**), ali učinak na druge vrste, kao što je loboda (*Chenopodium album*), nije uvijek poboljšan (**Maschhoff i sur., 2000; Pline i sur., 1999; Young i sur., 2003**) što govori o značaju poznavanja morfoloških i fizioloških značajki korovnih vrsta.

Uzrok poboljšanog učinka glifosata zapravo je formiranje kompleksa soli glifosat-amonij koji biljke lakše usvajaju u odnosu na glifosat-kalcij ili glifosat-natrij komplekse (**Nalewaja i sur., 1995**). **Satchivi i sur. (2000)** su utvrdili da je dodatkom AMS-a glifosatu poboljšano usvajanje glifosata u biljke korovnih vrsta *Abutilon theophrasti* i *Setaria faberi* za 25% i 42%. U Sjedinjenim Američkim Državama AMS se obično primjenjuje s glifosatom kako bi se smanjio rizik antagonizma herbicida i tvrde vode. Povećano usvajanje glifosat-amonij soli daje mogućnost primjene smanjene doze glifosata koja je potrebna za redukciju 80% nadzemne mase u odnosu na registriranu. Tako je primjerice AMS dodan herbicidu glufosinatu smanjio je GR_{80} (dozu potrebnu za redukciju 80% nadzemne mase) za 37,8% na *Abutilon theophrasti* (**Maschhoff i sur., 2000**).

Veći broj radova daje rezultate istraživanja učinka dušičnog gnojiva UAN-a kao adjuvanta. Tako je dodatak UAN-a herbicidu bispiribaku povećao učinak herbicida (14 dana nakon tretiranja) na redukciju biomase koštana (*Echinochloa crus-galli*) s 84 % bez dodanog UAN-a na 99% u kombinaciji s UAN-om. Usvajanje herbicida karfentrazon-

etila od strane vrste *Abutilon theophrasti* značajno je ovisilo o dodatku adjuvanta i UAN-a. Tako je 24 sata nakon tretiranja usvojeno 46% herbicida kod škropiva u koje nije dodan adjuvant, dodatkom UAN-a usvojeno je 52% herbicida. Ukoliko je u škropivo uz herbicid karfentrazon-etil dodan i NIS ili COC učinci su bili 71, odnosno 73%. Kombinacije s UAN-om povećale su učinke na 84 i 77% **(Thompson i Nissen, 2000)**.

Singh i sur. (2002) su utvrdili smanjenje napetosti površine škropiva sa 72,8 mN/m (mili Newtona po metru) za vodu, na 64,6 u škropivu gdje je bio dodan samo herbicid diuron, a u škropivu gdje su dodani organosilikonski adjuvanti (podvrsta NIS-a) napetost površine bila je 24 mN/m. Za druge NIS-ove iznosila je 34 mN/m. Rezultati su potvrđeni mjerenjem kuta kapljice koji je za vodu i škropivo s diuronom iznosio 104,0° i 94,4°, dok je za organosilikonske adjuvante iznosio 30,6°, a za ostale 50,2°.

Young i Hart (1998) su istraživali učinak različitih doza (10 i 20 g d.t. ha^{-1}) herbicida izoksaflutol u kombinaciji s nekoliko (NIS, COC, MSO i UAN) adjuvanata. Utvrdili su da je učinak izoksaflutola na vrstu *Setaria faberi* iznosio samo 5, odnosno 21% kad u škropivo nije dodan adjuvant. Kad je uz nižu dozu (10 g d.t. ha^{-1}) herbicida primijenjen jedan od adjuvanata (NIS, COC ili MSO), učinak je ovisno o adjuvantu, povećan za 70-88%. Važno je naglasiti da je učinak niže doze herbicida kad je u škropivo dodana kombinacija adjuvanata COC ili MSO postigla jednak (85%) ili bolji učinak nego kada je primijenjena kombinacija više doze herbicida i adjuvanata iz NIS skupine. Dodatak UAN-a kombinaciji izoksaflutol + NIS poboljšao je učinak za 14%, dok dodatak UAN-a kombinacijama herbicida s COC-om i MSO-om učinak nije promijenjen. Utvrđena je također i bolja apsorpcija izoksaflutola kada je kombiniran s adjuvantima. Tako je u kombinaciji izoksaflutol + NIS usvojeno 42%, + COC 60%, a + MSO čak 92% herbicida. UAN je jedino poboljšao usvajanje kombinacije izoksaflutol + COC za čak 30% (**Young i Hart, 1998**).

Utvrđeno je da se dodavanjem AMS-a umanjenim dozama herbicida glifosata (225 i 450 g d.t. ha^{-1}) može poboljšati učinak na europski mračnjak (**Nurse i sur., 2008)**. Ali treba naglasiti da u istom istraživanju učinak na šćir i bijelu lobodu istraživane kombinacije (AMS+glifosat) nije bio znatno poboljšan. **Pratt i sur. (2003)** su također utvrdili bolji učinak (za 40%) glifosata u dozi od 280 g d.t. ha^{-1} u kombinaciji s AMS-om

na europski mračnjak. **Belles i sur. (2006)** su postigli na istu vrstu i tri različite formulacije glifosata rezultate slične prethodnima.

U Republici Hrvatskoj, odnosno tadašnjoj Jugoslaviji, uporaba adjuvanata počinje sedamdesetih godina prošloga stoljeća kada su registrirani prvi pripravci iz skupina, koji su tada nazvani "sinergisti". Skupinu "sinergista" činili su pripravci iz skupina citoveta, butanola, visokomolekularnog poliglikoletera te, tada najčešće primjenjivanog, rafiniranog mineralnog ulja **(Mitić, 1976).** Adjuvanti se primjenjuju uglavnom kao pomoćna sredstva fungicidima i insekticidima. Već 1976. godine spominju se mineralna ulja kao adjuvanti herbicidnim pripravcima primijenjenim u *post-em* roku u kukuruzu.

Otkriće ariloksifenoksi propionata, cikloheksadinona i sulfonilureja skupina herbicida, značajno se mijenja i utječe na vrijeme (rok) primjene herbicida u svim značajnijim kulturama. Za biološki učinak iz skupine sulfonilureja herbicida preporučuje se obvezna primjena adjuvanata. **Ostojić i sur. (1995)** također ističu da se specifični adjuvanti moraju dodavati herbicidima iz skupine sulfonilureja. U istom radu je naglašeno da je za optimalnu aktivnost svake aktivne tvari važan izbor karakterističnog adjuvanta. Autori naglašavaju dobar učinak herbicida rimsulfuron primijenjenog s neionskim surfaktantom u dozi od 40 g ha^{-1} na *Amaranthus retroflexus, Sorghum halepense* iz rizoma i sjemena te vrstu *Echinochloa crus-galli*, dok je učinak na vrste *Ambrosia artemisiifolia, Chenopodium album i Polygonum persicaria* bio nezadovoljavajući. Slični su rezultati utvrđeni i pri primjeni herbicida nikosulfurona koji u pripravku uz djelatnu tvar sadrži i biljno ulje kao pomoćno sredstvo. Uz zadovoljavajuće djelovanje na *Sorghum halepense* iz rizoma i sjemena te na vrstu *Echinochloa crus-galli,* zadovoljavajuće je djelovao i na jedinke vrste *Polygonum persicaria*.

U Hrvatskoj su **Galzina i sur. (2007)** utvrdili bolji učinak značajno reduciranih doza (i do 70 %) herbicida (nikosulfuron, fluroksipir, klopiralid i atrazin) u kombinaciji s COC-om u odnosu na pune doze istraživanih herbicida bez dodanog COC-a. Učinak nereduciranih (propisanih) doza herbicida bez adjuvanata iznosio je 80,1% prve i 89,2% druge godine. Učinak najnižih doza s adjuvantom bio je 80,9 i 91,2%. Autori zaključuju da je primjenom značajno smanjenih doza (od 30 do 70%) herbicida u pravo vrijeme (na

mlađim razvojnim fazama korova), uz dodatak adjuvanta, moguće zadovoljavajuće suzbiti korove u kukuruzu.

Slične rezultate utvrdili su i **Barić i sur. (2007)**. Na temelju 14 poljskih pokusa provedenih na području Republike Hrvatske utvrdili su bolji učinak reduciranih doza (dvije trećine od propisanih dozacija) herbicida (nikosulfurona, rimsulfurona+dikambe, foramsulfurona, atrazina, klopiralida+fluroksipira, klopiralida+fluroksipira+ bromoksinila, 2,4-D-a i bromoksinila) kad im je dodan COC adjuvant. Također je utvrđen i 10% veći prinos kombinacija reduciranih doza herbicida u odnosu na propisane. U istraživanju **Gašpara i sur. (1996)** utvrđena je opravdanost istovremene primjene UAN gnojiva s primjenom reducirane doze herbicida (do 25%). Autori su utvrdili i pozitivan utjecaj reduciranih doza herbicida atrazin i kombinacije alaklor + atrazin + cijanazin na redukciju broja jedinki korova, zelene mase korova i prinos zrna kukuruza kad se primjene s UAN-om.

2.1. HIPOTEZE I CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Na temelju pregleda literature postavljene su hipoteze i ciljevi istraživanja.

Istraživanjem se želi potvrditi pretpostavka da će u usporedbi s punom, reducirana dozacija topramezona u kombinaciji s adjuvantima i dušičnim gnojivima iskazati:

- jednak ili bolji učinak na kontrolu korova i održati/povećati prinos zrna kukuruza u poljskim uvjetima
- različiti utjecaj na nadzemnu biomasu jedinki europskog mračnjaka, limundžika i šćira u kontroliranim uvjetima uzgoja.

Ciljevi:

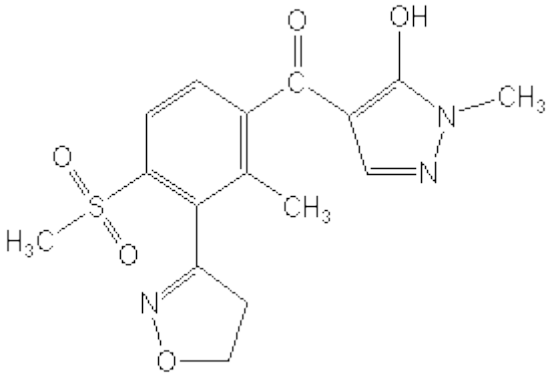
- utvrditi učinak smanjene dozacije herbicida topramezona u kombinaciji s adjuvantima i dušičnim gnojivima na populaciju i masu korova, te prinos i komponente prinosa zrna kukuruza u polju
- istražiti učinak topramezona, kombinacije topramezona s adjuvantima i gnojivima na nadzemnu masu istraživanih korova u kontroliranim uvjetima.

3. MATERIJALI I METODE

Istraživanja učinka kombinacija herbicida topramezona i adjuvanata provedena su odvojeno u poljskim i u kontroliranim uvjetima. S obzirom da je topramezon najnoviji otkriveni herbicid, u nastavku teksta bit će opisane njegove glavne značajke kao glavnog materijala u istraživanju.

3.1. HERBICID TOPRAMEZON

Topramezon je herbicid kemijske formule: [3-(4,5-dihidro-1,2-oksazol-3-il)-4-mesil-*o*-tolil](5-hidroksi-1-metilpirazol-4-il)metanon koja je u prirodnom obliku bijelih kristala.



Slika 1. *Strukturna formula herbicida topramezona*

Na tržište je Europske Unije stavljen 2005. godine (**Schönhammer i sur., 2006**) pod trgovačkim nazivom *Clio*. U Sjed injenim Američkim Državama pripravak s djelatnom tvari topramezon nalazi se pod trgovačkim nazivom *Impact*. U Republici Hrvatskoj nije registriran ni jedan pripravak na osnovi herbicida topramezona. U istraživanjima je primijenjen pripravak *Clio*. Pripravak sadrži 336 g l^{-1} djelatne tvari topramezona. Formuliran je kao koncentrat za suspenziju (SC) te u škropivu s vodom tvori suspenziju. U zemljama gdje je *Clio* registriran, namijenjen je za primjenu u kukuruzu u *post-em* roku u vrijeme kad kukuruz razvije dva do šest razvijenih listova (fenofaze BBCH 12-16). Spektrom obuhvaća jedno- i višegodišnje širokolisne i uskolisne korove (**Schönhammer i sur., 2006**).

3.2. ADJUVANTI

Adjuvanti obuhvaćeni istraživanjem su iz skupina koncentriranih biljnih ulja (eng. *Crop oil concentrate* – **COC**), metiliranih biljnih ulja (eng. *Methilated seed oil* – **MSO**) i neionskih surfaktanata (eng. *Non ionic surfactant* – **NIS**). Također su u istraživanju primijenjena dušična gnojiva urea amonijev nitrat (**UAN**) i amonijev sulfat (**AMS**) koja se koriste kao adjuvanti.

Koncentrirana biljna ulja (COC) su mineralna ulja. Osim kao adjuvanti herbicidima, primjenjuju se i za suzbijanje štetnika u voćnjacima i vinogradima u razdoblju zimskog mirovanja. Na našem tržištu koriste se od sedamdesetih godina prošlog stoljeća. Iz ove skupine adjuvanata u istraživanju je korišten pripravak *Bijelo ulje*. Pripravak uz 80% rafiniranog mineralnog ulja sadrži 12,7 g l^{-1} polioksietilen glikol etera. Primjenjuje se uz herbicidne pripravke u kukuruzu i šećernoj repi. Posebno se preporučuje primjena kad su uvjeti za djelovanje herbicida nepovoljni (suša, niske temperature), kod suzbijanja korova koji se teže vlaže (jaka voštana prevlaka), te kad su korovi rastom odmakli (**Anonymus, 1998**).

Drugi istraživani adjuvant je iz skupine metiliranih ili sulfoniranih biljnih ulja (MSO). To je novija i modernija skupina ulja koja se koriste kao adjuvanti. Nazivaju se i modificirana biljna ulja. Dobivaju se iz sjemena soje, suncokreta, uljane repice ili zemnog orašca, a potom su najčešće esterificirana alkoholom metanolom. Istraživani pripravak iz ove skupine je *Dash HC* u formi koncentrirane emulzije. *Dash HC* se sastoji od 343±17 g/l metilnih estera oleinske i palmitinske kiseline izdvojenih iz uljane repice, 225 g/l C_{10-12} masnih alkohola (polietoksilat/propoksilat – fosfata) i 46 g/l ulja. pH vrijednost 5 %-tne emulzije *Dash-a HC* iznosi 2,2. Isto kao i prethodni, *Dash HC* pripada tvarima koje popravljaju djelovanje herbicida u nepovoljnim uvjetima za djelovanje. Djeluje na način da snižava pH vrijednost i površinsku napetost škropiva i usporava razgradnju djelatne tvari izazvanu UV zračenjem. Navedene funkcije imaju za posljedicu zadržavanje škropiva na površini lista čime se produljuje vrijeme apsorpcije i aktivnosti herbicida u škropivu. Po mehanizmu djelovanja, smanjuje gubitak djelatne tvari s korova osobito u nepovoljnim uvjetima za djelovanje herbicidnih pripravaka, kao što su: suša, visoke temperature, jače stvaranje voštanog sloja korova, korovi u većim razvojnim stadijima,

jači intenzitet zračenja i primjena vode s visokim pH vrijednostima koje sadrže kalcijeve željezne i aluminijske ione ili ostale kompleksne spojeve (**Anonymus, 2008**).

Treći istraživani adjuvant je iz skupine neionskih surfaktanata (NIS). Jedna su od najnovijih i najmodernijih skupina adjuvanata. Svojstven im je lipofilni i hidrofilni dio molekule. Lipofilni je dio topiv u mastima te se veže za dijelove formulacije herbicidnih pripravaka, dok se hidrofilni dio veže na vodu u škropivu. Na taj način se formiraju micele unutar kojih su vezani aktivni dijelovi molekule herbicida u vodi čime se osigurava pravilna distribucija djelatne tvari u spremniku. Značajka ove skupine surfaktanata je da ne ioniziraju škropivo, odnosno ne utječu na pH vrijednost škropiva. U istraživanju je korišten pripravak *Break thru* To je silikonski adjuvant u kojem je djelatna tvar neionski tenzid kopolimera: polieterski (prvo etoksiliran, zatim propineloksiliran) propanol trisiloksan, 750-800 g/l. Vrijednost 50%-tne emulzije iznosi pH 5,9. Primjenjuje se u dozi od 0,2 l ha^{-1}. Kao i ostalim posebno se primjena preporučuje u navedenim nepovoljnim uvjetima za djelovanje (**Anonymus, 2007b**).

Kako je u Pregledu literature navedeno, neka dušična gnojiva se također koriste kao adjuvanti herbicidima. Ovom istraživanju su korišteni urea amonijev nitrat (UAN N 30) i amonijev sulfat (AMS). UAN N 30 je tekuće dušično gnojivo koje sadrži 40% dušika. Od ukupnog sadržaja, 50% je amidni, 25% amonijski i 25% nitratni oblik dušika. pH vrijednost pripravka UAN N 30 je od 6,5-7,5[1].

Amonijev sulfat[2] je anorganska sol u obliku bijelih kristalića. Sadrži 21% dušika u obliku amonijevih kationa i 24% sumpora u obliku sulfatnih aniona. Kao gnojivo primjenjuje se na alkalnim tlima za snižavanje pH vrijednosti. Koristi se u biokemijskim reakcijama te kao retardant plamena. U novije se vrijeme primjenjuje kao adjuvant herbicidima, insekticidima i fungicidima. U istraživanju je korištena sol amonijeva sulfata čija 0,1 M otopina ima pH vrijednost 5,5.

[1] www.petrokemija.hr , pristupljeno 03.11.2011.

[2] www.en.wikipedia.org/wiki/Ammonium_sulfate , pristupljeno 03.11.2011.

3.3. ISTRAŽIVANJA U POLJSKIM UVJETIMA

Istraživanja u poljskim uvjetima provedena su tijekom 2008. i 2009. godine. Pokusi su bili postavljeni na dvije lokacije, u Šašinovečkom Lugu (fakultetsko pokušalište) i Karlovcu (obiteljsko poljoprivredno gospodarstvo). Poljski pokusi provedeni su u uvjetima uobičajenih agrotehničkih mjera. Sjetva kukuruza obavljena je unutar optimalnih rokova, i to 20. travnja 2008. u Šašinovečkom Lugu i 28. travnja 2008. u Karlovcu. Tijekom 2009. godine kukuruz je posijan 19. travnja u Šašinovečkom Lugu i 24. travnja u Karlovcu. U obje godine i na obje lokacije sijan je hibrid Pioneer PR37H24. Hibrid pripada FAO skupini 390, prema tipu pripada skupini tvrdih zubana. Vrlo se dobro prilagođava na uzgoj u raznim okolišima, na raznim tlima i u raznim uvjetima proizvodnje[3].

Poljski pokusi su bili postavljeni po shemi slučajnog bloknog rasporeda u četiri repeticije. Veličina osnovne parcelice za sve pokuse iznosila je 28 m^2 (2,8 m x 10 m). U poljskim uvjetima istraživano je ukupno 14 tretmana (tablica 1). Ukupna površina jednog poljskog pokusa iznosila je 1568 m^2.

[3] www.croatia.pioneer.com , pristupljeno 05.11.2011.

Tablica 1. *Istraživani tretmani u poljskim uvjetima*

Broj tretmana	**Opis tretmana (trgovački naziv pripravka)**	**Doza d.t. (l; kg ha^{-1})**
1.	Kontrola	
2.	topramezon (Clio)	0,0672
3.	topramezon (Clio)	0,045
4.	topramezon (Clio) COC (Bijelo ulje)	0,045 2,0
5.	topramezon (Clio) COC (Bijelo ulje) UAN	0,045 2,0 5,0
6.	topramezon (Clio) COC (Bijelo ulje) AMS	0,045 2,0 2,8
7.	topramezon (Clio) MSO (Dash HC)	0,045 1,0
8.	topramezon (Clio) MSO (Dash HC) UAN	0,045 1,0 5,0
9.	topramezon (Clio) MSO (Dash HC) AMS	0,045 1,0 2,8
10.	topramezon (Clio) NIS (Break thru)	0,045 0,2
11.	topramezon (Clio) NIS (Break thru) UAN	0,045 0,2 5,0
12.	topramezon (Clio) NIS (Break thru) AMS	0,045 0,2 2,8
13.	topramezon (Clio) UAN	0,045 5,0
14.	topramezon (Clio) AMS	0,045 2,8

Primjena prikazanih kombinacija herbicida i adjuvanata obavljena je u vrijeme kad je kukuruz imao pet listova. Većina prirodne populacije korova bila je u fazi 2-6 listova (12-16 prema BBCH skali). U 2008. godini to je bilo 26. svibnja u Šašinovečkom Lugu i 28. svibnja u Karlovcu, 2009. godine 29. svibnja u Šašinovečkom Lugu i 4. lipnja u Karlovcu.

Kao što je prikazano u tablici, topramezon je primijenjen u preporučenoj dozi (67,2 g d.t. ha^{-1}) i u umanjenoj za 33% od preporučene (45 g d.t. ha^{-1}). Obje doze

herbicida primijenjene su bez adjuvanata. S adjuvantima je istraživana samo niža doza herbicida. Prema **Bunting i sur. (2004b)** reducirana dozacija herbicida (67% od propisane doze) se primjenjuje kako bi se utvrdile male razlike u učinku među adjuvantima, odnosno da se „umanji“ herbicidni, a pojača eventualni učinak adjuvanata. Iz podataka u tablici 1 je vidljivo da su svi istraživani adjuvanti uz reduciranu dozaciju topramezona primjenjivani zasebno (tretmani 4, 7, 10, 13 i 14). Adjuvanti COC (Bijelo ulje), MSO (Dash HC) i NIS (Break thru) su kombinirani zasebno s dušičnim gnojivima (UAN-om i AMS-om) .

Tretiranja su obavljena leđnom prskalicom "Solo" 425 s "T" nastavkom koji na sebi nosi tri sapnice (TCSI 02-110). Količina škropiva u kojem su primijenjeni istraživani tretmani iznosila je 200 litara ha^{-1}.

U tablici 2 i 3 prikazane su vremenske prilike koje su vladale tijekom istraživanja u poljskim uvjetima, s naznačenim odstupanjima (razlikama) od višegodišnjeg prosjeka.

Tablica 2. *Količina oborina i srednje temperature zraka po dekadama i mjesecima tijekom dvije godine istraživanja (met. postaja Maksimir)*

Mjesec	Dekada	Oborine mm 2008.	Razlika†	2009.	Razlika†	Višegodišnji prosjek	Temperatura zraka, ºC 2008.	Razlika†	2009.	Razlika†	Višegodišnji prosjek
Travanj	I	0,9		7,8			11,2		14,7		
	II	17,2		6,9			12,0		14,7		
	III	21,6		37,3			12,8		14,0		
	I-III	39,7	-19,7	52	-7,4	59,4	12	0,6	14,5	3,1	11,4
Svibanj	I	6,4		12,6			14,3		16,4		
	II	7,2		21,1			17,3		19,7		
	III	30,5		15,1			20,4		19,0		
	I-III	44,1	-23,5	48,8	-78,8	67,6	17,3	0,8	18,4	1,9	16,5
Lipanj	I	69,7		5,4			19,6		19,2		
	II	32,1		8,7			18,3		21,3		
	III	0,7		53,5			24,8		18,9		
	I-III	102,5	5,3	67,6	-29,6	97,2	20,9	1,4	19,8	0,3	19,5
Srpanj	I	33,3		79,1			23,3		20,5		
	II	14		17,1			21,7		22,6		
	III	39		0			20,9		23,7		
	I-III	86,3	14,3	96,2	24,2	72,0	22,0	0,6	22,3	0,9	21,4
Kolovoz	I	21,7		35,3			22,9		23,3		
	II	18,4		19,8			21,9		23,1		
	III	14,5		24,2			19,7		21,4		
	I-III	54,6	-40,1	79,3	-15,4	94,7	21,5	0,7	22,6	1,8	20,8
Rujan	I	13,1		3			21,5		19,2		
	II	22,1		19,1			13,5		19,3		
	III	12,3		0,1			11,9		18,0		
	I-III	47,5	-43,1	22,2	-68,4	90,6	15,6	0,7	18,8	2,5	16,3

† razlika u odnosu na višegodišnji prosjek

Tablica 3. *Količina oborina i srednje temperature zraka po dekadama i mjesecima tijekom dvije godine istraživanja (met. postaja Karlovac)*

Mjesec	Dekada	Oborine mm 2008.	Razlika†	2009.	Razlika†	Višegodišnji prosjek	Temperatura zraka, ºC 2008.	Razlika†	2009.	Razlika†	Višegodišnji prosjek
Travanj	I	14		51,6			10,4		13,6		
	II	22,8		9,2			11,9		14,2		
	III	16,1		36,9			11,7		12,9		
	I-III	52,9	-6,5	97,7	38,3	59,4	11,4	0	13,6	2,2	11,4
Svibanj	I	12,8		25,6			13,0		15,3		
	II	12,3		0,5			16,4		19,4		
	III	60,1		41			18,6		18,9		
	I-III	85,2	17,6	67,1	-0,5	67,6	16,0	-0,5	17,9	1,4	16,5
Lipanj	I	132,3		20,4			19,3		18,2		
	II	40,2		7,8			17,9		20,8		
	III	0,7		54,7			24,7		18,5		
	I-III	173,2	76	82,9	-14,3	97,2	20,6	1,1	19,1	-0,4	19,5
Srpanj	I	75		62,4			22,1		20,9		
	II	21,8		45			21,3		22,2		
	III	26,7		0			20,3		22,8		
	I-III	123,5	51,5	107,4	35,4	72,0	21,3	-0,1	22,0	0,6	21,4
Kolovoz	I	26,2		40,8			22,0		22,3		
	II	19,1		10,3			20,7		22,3		
	III	24		29,5			18,7		20,8		
	I-III	69,3	-25,4	80,6	-14,1	94,7	20,5	-0,3	21,8	1,0	20,8
Rujan	I	1,9		2,8			19,4		18,0		
	II	56,5		21,4			12,4		18,1		
	III	29,5		0,2			10,7		15,6		
	I-III	87,9	-2,7	24,4	-66,2	90,6	14,2	-2,1	17,2	0,9	16,3

† razlika u odnosu na višegodišnji prosjek

3.4. ISTRAŽIVANJA U KONTROLIRANIM UVJETIMA

Istraživanja u kontroliranim uvjetima provedena su u klima komori Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu tijekom 2010. godine. Cilj pokusa u kontroliranim uvjetima bio je utvrđivanje količine herbicida topramezona potrebne za redukciju 90 % nadzemne mase (GR_{90}) tri značajne korovne vrste u kukuruzu: *Abutilon theophrasti* Med. (europski mračnjak), *Ambrosia artemisiifolia* L. (limundžik) i *Amaranthus retroflexus* L. (šćir). Korovne jedinke istraživanih vrsta su prenešene iz polja i presađene u plastične lončiće volumena 2 dl i promjera 9 cm. Jedinke europskog mračnjaka prikupljene su iz prirodne populacije Nove Gradiške, limundžika iz Belajskih Poljica i šćira iz prirodne populacije Šašinovečkog Luga. Presađivane su u fazi kotiledona do dva prava lista. Substrat za presađivanje bio je smjesa substrata Klassman potground H u kombinaciji s perlitom sitne granulaciji u omjeru 2:1. U jednom lončiću presađene su dvije korovne biljke. Prema potrebi biljke su redovito zalijevane. Uvjeti rasta i razvoja istraživanih korovnih vrsta bili su pri temperaturi 20°C tijekom noći i 25°C tijekom dana uz osvjetljenje u trajanju od 16 sati dnevno. Relativna vlažnost zraka u komori je održavana na 75%. Istraživani tretmani su primijenjeni kad su korovne jedinke razvile 4-6 listova. Kombinacije istraživanog herbicida topramezona u različitim dozama s različitim adjuvantima su prikazane u tablici 4.

Tablica 4. *Istraživane doze herbicida topramezona i adjuvanata u kontroliranim uvjetima*

Doza herbicida (g d.t. ha^{-1})	**Adjuvant (pripravak)**	**Doza adjuvanta (l; kg ha^{-1})**
	Bez adjuvanta	-
	COC (Bijelo ulje)	2,0
	COC (Bijelo ulje) + UAN	2,0 + 5,0
0	COC (Bijelo ulje) + AMS	2,0 + 2,8
8,25	MSO (Dash HC)	1,0
16,5	MSO (Dash HC) + UAN	1,0 + 5,0
33,0	MSO (Dash HC) + AMS	1,0 + 2,8
66,0	NIS (Break thru)	0,2
132,0	NIS (Break thru) + UAN	0,2 + 5,0
	NIS (Break thru) + AMS	0,2 + 2,8
	UAN	5,0
	AMS	2,8

Prema prikazanim podacima, istraživanja u kontroliranim ovjetima obuhvaćalo je pet dozacija herbicida. Uz preporučenu dozaciju (66 g d.t. ha^{-1}) istražene su 1/8, 1/4 i 1/2 od preporučene te dvostruko veća (132 g d.t. ha^{-1}) doza od preporučene. Svaka od istraživanih doza zasebno je primijenjena sa svakim od u tablici prikazanih adjuvanata, odnosno kombinacijama adjuvanata. Istraživane doze herbicida primijenjene su i bez adjuvanata, a isto tako i adjuvanti i kombinacije adjuvanata su primijenjeni zasebno bez herbicida. Uključujući kontrolne varijante (bez herbicida i bez adjuvanata) ukupno je istražen učinak 72 različita tretmana na tri korovne vrste (europski mračnjak, limundžik i šćir).

Navedeni tretmani aplicirani su Solo 425 leđnom prskalicom s T nastavkom na kojem su bile tri TCSI sapnice oznake 110-02 kalibrirane da pri tlaku 2 bara apliciraju 200 l ha^{-1} škropiva.

Pokusi su postavljeni po shemi slučajnog bloknog rasporeda u tri repeticije.

U Pregledu literature je uočeno da funkcija adjuvanata može biti i utjecaj na pH vrijednost škropiva. Kod istraživanja u kontroliranim uvjetima (prije aplikacije) tretmana utvrđena je pH vrijednost škropiva svakog tretmana zasebno prikazana u tablici 5.

Elektrometrijskom metodom određena je 21.06.2010. godine pH vrijednost škropiva. Elektrometrijsko određivanje pH vrijednosti zasniva se na utvrđivanju razlike potencijala između dviju elektroda (radne i referentne) uronjenih u istraživanu otopinu (škropivo).

Potencijal referentne elektrode (zasićena kalomel elektroda) stalan je i neovisan o pH vrijednosti istraživane otopine, dok se potencijal mjerne (radne) elektrode mijenja ovisno o pH vrijednosti. Za mjerenje je korišten Bechamov Φ 72 pH-metar (1990.) i kombinirana staklena elektroda BlueLine 17 pH BNC, Schott instruments.

Tablica 5. *Rezultati pH vrijednosti škropiva istraživanih tretmana*

Adjuvant	Topramezon (g d.t. ha^{-1})					
	0	8,25	16,5	33,0	66,0	132,0
Bez adjuvanata	7,36	7,21	7,30	7,30	7,05	6,91
COC (Bijelo ulje)	7,36	7,47	7,26	7,41	6,98	6,70
COC (Bijelo ulje) +UAN	7,24	7,21	7,20	7,22	6,99	6,92
COC (Bijelo ulje) +AMS	7,02	6,96	7,06	6,98	6,80	6,60
MSO (Dash HC)	6,42	6,39	6,38	6,37	6,18	6,05
MSO (Dash HC) +UAN	6,35	6,33	6,38	6,34	6,23	6,03
MSO (Dash HC) +AMS	6,15	6,19	6,14	6,05	6,02	5,68
NIS (Break thru)	7,30	7,29	7,34	7,35	7,18	6,83
NIS (Break thru) +UAN	7,25	7,25	7,23	7,20	7,14	6,94
NIS (Break thru) +AMS	7,11	7,05	7,06	7,03	6,90	6,70
UAN	7,24	7,21	7,14	7,12	7,10	6,86
AMS	7,00	6,97	7,01	7,00	6,92	6,71

Iz podataka je vidljivo da škropivo u koje je dodan adjuvant iz skupine MSO (*Dash HC*) ima nižu pH vrijednost od pH vrijednosti ostalih istraživanih tretmana.

3.5. METODE UTVRĐIVANJA UČINKA ISTRAŽIVANIH TRETMANA

3.5.1. Utvrđivanje učinka istraživanih tretmana u poljskim uvjetima

Utvrđivanje učinka istraživanih tretmana u poljskim uvjetima obavljeno je kroz mjerenje vrijednosti parametara broja jedinki, vrste korova (botanička analiza) i svježe nadzemne biljne mase korova na svakoj osnovnoj parceli na površini od 1,0 m^2. Botanička analiza obavljena je u vrijeme kad je većina korova bila u cvatnji ili pred kraj cvatnje. U Šašinovečkom Lugu to je bilo 9. srpnja 2008. i 15. srpnja 2009. godine, odnosno 11. srpnja 2008., te 13. srpnja 2009. godine u Karlovcu. Isti dan je utvrđivana i masa nadzemne mase korova. Zasebno je utvrđena masa uskolisnih i masa širokolisnih korovnih vrsta.

Redukcija broja jedinki i redukcija svježe nadzemne mase korova u odnosu na netretiranu kontrolu izražena je koeficijentom učinkovitosti po Abottu (**Puntener, 1981**).

$$\%\ \text{učinka} = 100 - \left(\frac{\text{korovi na kontroli} - \text{korovi na tretmanu}}{\text{korovi na kontroli}}\right) x100$$

Tijekom vegetacije, a prije navedene botaničke analize obavljena je subjektivna (vizualna) ocjena učinka istraživanih tretmana na korove 7, 14 i 21 dana nakon tretiranja. Subjektivna ocjena učinka je vizualna ocjena linearnom skalom od 0 do 100% na svaku pojedinu vrstu u korovnoj flori zasebno. Ocjena 0% znači da nije bilo učinka istraživanog tretmana na korovnu biljku, dok ocjena 100% predstavlja potpuno propadanje svih jedinki istraživane korovne vrste. Po istoj metodi je bio utvrđivan fitotoksični učinak tretmana na usjev. Subjektivna vizualna ocjena jedna je od najčešće primjenjivanih metoda utvrđivanja učinka u istraživanjima herbicida. Prednost joj je jednostavnost i ušteda vremena, a nedostatak subjektivnost, odnosno variranje rezultata od istraživača do istraživača, što joj i sam naziv govori (**Knežević i sur., 2007)**.

Uz navedene parametre, učinak istraživanih tretmana utvrđivan je i kroz parametar prinosa. Prinos kukuruza utvrđen je ručnim branjem klipova s površine od 7 m^2 (5 x 1,4 m), odnosno dva srednja reda kukuruza u osnovnoj parceli na dužini od 5 m. Nakon branja odvojeno je zrno s oklaska i utvrđena ukupna masa i sadržaj vode u zrnu.

3.5.2. Utvrđivanje učinka istraživanih tretmana u kontroliranim uvjetima

Učinak istraživanih tretmana na pojedinu istraživanu korovnu vrstu ocjenjivan je linearnom subjektivnom skalom (0-100%) na način opisan kod istraživanja u poljskim uvjetima. Ovo utvrđivanje također je obavljeno 7, 14 i 21 dana nakon tretiranja kao i u poljskim uvjetima. Masa svježe nadzemne mase korova utvrđena je 21 dan nakon tretiranja. Masa suhe tvari korova utvrđena je sušenjem svježe nadzemne mase korova u stacionarnom sušioniku biljnog materijala na temperaturi od 60 °C do konstantne mase. Na osnovi redukcije biljne mase izračunati su koeficijenti učinka pojedinih tretmana po Abottu (**Puntener, 1981**).

3.6. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA

3.6.1. Pokusi u poljskim uvjetima

Statistička analiza podataka provedena je analizom varijance u programu SAS 8.0 koristeći MIXED MODEL PROCEDURE (SAS Inst., 1997). Jednofaktorijalni poljski pokus s 14 tretmana postavljen je prema metodi slučajnog bloknog rasporeda. U analizi varijance godina, lokacija i tretman smatrani su fiksnim efektom, a repeticija slučajnim efektom (tablica 6). Nakon signifikantnog F-testa (P=0,05), za usporedbu srednjih vrijednosti korišten je LSD test za P=0,05.

Tablica 6. *Model kombinirane analize varijance za istraživana svojstva u poljski uvjetima†*

Izvori varijabilnosti	Stupnjevi slobode	MS	F_{exp}	N -1
Godina	g-1	MS_1	MS_1 / MS_4	1
Lokacija	l-1	MS_2	MS_2 / MS_4	1
Godina × Lokacija	(g-1) × (l-1)	MS_3	MS_3 / MS_4	1
Greška (a)	g ×l × (r-1)	MS_4		12
Tretman	t-1	MS_5	MS_5 / MS_9	13
Godina × Tretman	(g-1) × (t-1)	MS_6	MS_6 / MS_9	13
Lokacija × Tretman	(l-1) × (t-1)	MS_7	MS_7 / MS_9	13
Godina × Lokacija × Tretman	(g-1) × (l-1) × (t-1)	MS_8	MS_8 / MS_9	13
Greška (b)	g × l × (t-1) × (r-1)	MS_9		156

† MS=varijanca.

Subjektivne ocjene fitotoksičnosti na kulturu i korove statistički su obrađene kao mjerenja ponovljena kroz vrijeme, i to za svaku lokaciju zasebno. U analizi varijance tretmani

i vrijeme ocjenjivanja smatrani su fiksnim efektom, a repeticije slučajnim efektom (tablica 7). Nakon signifikantnog F-testa (P=0,05), za usporedbu srednjih vrijednosti korišten je LSD test za P=0,05.

Tablica 7. M*odel kombinirane analize varijance za subjektivnu ocjenu fitotoksičnosti u poljskim uvjetima†*

Izvori varijabilnosti	Stupnjevi slobode	MS	F_{exp}	N -1
Rep	r-1	MS_1		3
Tretman	t-1	MS_2	MS_2 / MS_3	13
Greška (a)	(t-1) × (r-1)	MS_3		39
Vrijeme	v-1	MS_4	MS_4 / MS_5	2
Greška (b)	(v-1) × (r-1)	MS_5		6
Tretman × Vrijeme	(t-1) × (v-1)	MS_6	MS_6 / MS_7	26
Greška (c)	(t-1) × (v-1) × (r-1)	MS_7		78

† MS=varijanca.

3.6.2. Pokusi u kontroliranim uvjetima

Statistička analiza rezultata istraživanja u kontroliranim uvjetima provedena je analizom varijance u programu SAS 8.0 koristeći MIXED MODEL PROCEDURE (SAS Inst., 1997). Dvofaktorijalni pokusi postavljeni su po shemi slučajnog bloknog rasporeda u tri ponavljanja. U analizi varijance za masu svježe i masu suhe tvari korova adjuvant i primijenjene doze topramezona smatrani su fiksnim efektom, a repeticije slučajnim efektom (tablica 8). Nakon signifikantnog F-testa (P=0,05), za usporedbu srednjih vrijednosti korišten je LSD test za P=0,05.

Tablica 8. *Model kombinirane analize varijance za masu svježe i suhe mase korova u kontroliranim uvjetima†*

Izvori varijabilnosti	Stupnjevi slobode	MS	F_{exp}	N -1
Rep	r-1	MS_1		2
Adjuvant	a-1	MS_2	MS_2 / MS_5	11
Doza	d-1	MS_3	MS_3 / MS_5	5
Adjuvant × Doza	(a-1) × (d-1)	MS_4	MS_4 / MS_5	55
Greška (a)	((a × d) -1) × (r-1)	MS_5		142
Ukupno				216

† MS=varijanca.

Subjektivne ocjene fitotoksičnosti na korovima statistički su obrađene kao mjerenja ponovljena kroz vrijeme za svaku korovnu vrstu zasebno. U analizi varijance adjuvant, doza topramezona i vrijeme ocjenjivanja smatrani su fiksnim efektom, a repeticije slučajnim efektom (tablica 9). Nakon signifikantnog F-testa (P=0,05), za usporedbu srednjih vrijednosti korišten je LSD test za P=0,05.

Tablica 9. *Model kombinirane analize varijance za subjektivnu ocjenu fitotoksičnosti u kontroliranim uvjetima†*

Izvori varijabilnosti	Stupnjevi slobode	MS	F_{exp}	N -1
Rep	r-1	MS_1		2
Adjuvant	a-1	MS_2	MS_2 / MS_5	11
Doza	d-1	MS_3	MS_3 / MS_5	5
Adjuvant × Doza	(a- 1) × (d-1)	MS_4	MS_4 / MS_5	55
Greška (a)	((a × d) -1) × (r-1)	MS_5		142
Vrijeme	v-1	MS_6	MS_6 / MS_7	2
Greška (b)	(v-1) × (r-1)	MS_7		4
Adjuvant × Vrijeme	(a-1) × (v-1)	MS_8	MS_8 / MS_{11}	22
Doza × Vrijeme	(d-1) × (v-1)	MS_9	MS_9 / MS_{11}	10
Adjuvant × Doza ×Vrijeme	(a-1) × (d-1) × (v-1)	MS_{10}	MS_{10} / MS_{11}	110
Greška (c)	((a × d) -1) × (v-1) × (r-1)	MS_{11}		284
Ukupno				648

† MS=varijanca.

Podaci dobiveni subjektivnim ocjenjivanjem transformirani su arcsinusom kvadratnog korijena (**Ahrens i sur., 1990**), uz napomenu da transformacija nije promijenila rezultate analize. Zbog toga su korišteni netransformirani podaci.

3.6.2.1. Model osjetljivosti istraživanih korovnih vrsta na topramezon i adjuvante

Na osnovi učinka redukcije suhe i svježe mase nadzemne mase istraživanih korovnih vrsta izračunate su i nacrtane log-logaritamske krivulje osjetljivosti vrste u odnosu na primijenjenu dozu topramezona s adjuvantom. Krivulje su izračunate i nacrtane u programu R (**R Development Core Team, 2011**) u drc (*dose respone curve*) paketu (**Ritz i Streibig, 2005**). Krivulje su izvedene iz formule:

$$y = C + \frac{D - C}{1 + \exp[b(\log(z) - \log(ED_{50}))]}$$

Kod izvođenja krivulja iz redukcije mase nadzemne svježe i suhe tvari korištena je formula s četiri nepoznanice. U navedenoj formuli faktor D predstavlja gornju granicu (najvišu utvrđenu masu), faktor C donju granicu (najmanju utvrđenu masu), faktor z dozu topramezona, ED_{50} dozu potrebnu za redukciju 50% nadzemne mase istraživane vrste, a faktor b kut oko ED_{50} vrijednosti.

U slučaju kad su krivulje izvođene na osnovi vizualnih subjektivnih ocjena 7, 14 i 21 dana nakon tretiranja korištena je log-logaritamska krivulja s tri nepoznanice formule:

$$y = \frac{D}{1 + \exp[b(\log(z) - \log(ED_{50}))]}$$

Kao što je vidljivo, u gore navedenoj formuli nedostaje faktor C koji je u ovom slučaju jednak vrijednosti 0. Svi su drugi faktori isti kao što je istaknuto u objašnjenju log-logaritamske funkcije s četiri nepoznanice.

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Rezultati rada su prikazani grafički, tablično i tekstualno. Zasebno su prikazani rezultati istraživanja u poljskim i u kontroliranim uvjetima te u odnosu na istraživane parametre. Zbog jednostavnosti prikazivanja, adjuvanti će u rezultatima biti označeni u odnosu na skupinu kojoj pripadaju. *Bijelo ulje* kao COC (*Crop oil concentrate*), *Dash HC* kao MSO (*Methylated sulfonated oil*) i *Break thru* kao NIS (*Non ionic surfactant*). Dušična gnojiva kao adjuvanti označena su uobičajenim oznakama UAN (urea amonijev nitrat) i AMS (amonijev sulfat).

4.1. REZULTATI RADA U POLJSKIM UVJETIMA

Kako je u prethodnom poglavlju navedeno, utvrđivanje učinka istraživanih tretmana obavljeno je kroz parametre redukcije broja jedinki korova, redukciju nadzemmne mase, kroz vizualnu ocjenu oštećenja korovnih biljaka 7, 14 i 21 dan nakon tretiranja te kroz parametar prinosa kukuruza.

4.1.1. Učinak istraživanih tretmana na redukciju broja jedinki i nadzemne mase korova

U tablici 10 je prikazana botanička analiza zatečene korovne flore po vrsti, broju jedinki i nadzemnoj masi korova u odnosu na pokusnu lokaciju i godinu istraživanja.

Tablica 10. *Vrsta, broj jedinki i nadzemna masa korova po lokaciji i godini istraživanja*

Vrsta, broj jedinki i nadzemna masa		**Karlovac**		**Šašinovečki Lug**	
		2008	**2009**	**2008**	**2009**
Amaranthus retroflexus **(šćir)**	**broj jedinki m^{-2}**	-	-	2,3	6,0
	masa g m^{-2}	-	-	245,0	425,0
Chenopodium album **(bijela loboda)**	**broj jedinki m^{-2}**	-	-	2,3	11,0
	masa g m^{-2}	-	-	145,0	425,0
Polygonum persicaria **(perzijski dvornik)**	**broj jedinki m^{-2}**	-	-	-	8,0
	masa g m^{-2}	-	-	-	60,0
Ambrosia artemisiifolia **(limundžik)**	**broj jedinki m^{-2}**	43,0	35,0	-	-
	masa g m^{-2}	2223,0	3150,0	-	-
Echinochloa crus-galli **(koštan)**	**broj jedinki m^{-2}**	5,0	7,0	5,5	18,3
	masa g m^{-2}	265,0	205,0	517,5	425,0
Ukupno	**broj jedinki m^{-2}**	48,0	42,0	10,1	43,3
	masa g m^{-2}	2488,0	3355,0	907,5	1335,0

Iz tablice 10 vidljivo je da se korovna flora na netretiranim parcelama po svim utvrđivanim parametrima znatno razlikovala po lokaciji i godini istraživanja. Na lokaciji u Karlovcu u obje godine istraživanja dominirala je vrsta *Ambrosia artemisiifolia.* Brojem jedinki imala je podjednako učešće (oko 83%) u obje godine istraživanja. Učešće gledano kroz masu nadzemne mase ove vrste bilo je još više naglašeno, (83,9%) u prvoj i (93,9%) u drugoj godini istraživanja. Sa znatno manjim udjelom bila je prisutna vrsta *Echinochloa crus-galli.*

Zakorovljenost pokusne parcele na lokaciji Šašinovečki Lug znatno se razlikovala od prethodne lokacije po vrstama korova, brojem jedinki i po ukupnoj masi korova. Na ovoj su lokaciji u obje godine istraživanja bile zastupljene gotovo iste korovne vrste. U prvoj godini istraživanja zakorovljenost je bila slabog intenziteta. Tri korovne vrste (šćir, bijela loboda i koštan) bile su zastupljene s relativno malim brojem jedinki 2008. godine. Njihova ukupna nadzemna masa (907,5 g m^{-2}) također je bila znatno niža od nadzemne mase na istoj lokaciji u drugoj godini istraživanja, a pogotovo od nadzemne mase na pokusnoj lokaciji u Karlovcu.

Tablica 11. *Rezultati kombinirane analize varijance za učinak na broj i masu korova u poljskim uvjetima*

		Broj jedinki			**Nadzemna masa korova**		
Izvor varijacije	**n-1**	**ukupan**	**širokolisni**	**uskolisni**	**ukupna**	**širokolisni**	**uskolisni**
Godina	1	**	**	ns	*	*	**
Lokacija	1	ns	**	*	*	*	**
Godina × lokacija	1	ns	**	ns	*	*	ns
Greška (a)	12						
Tretman	13	**	**	**	**	**	**
Godina × tretman	13	**	**	**	**	**	**
Lokacija × tretman	13	*	**	**	**	**	**
Godina × lokacija × tretman	13	**	**	**	**	**	**
Greška (b)	156						

ns – nesignifikantno, * - signifikantno ($p \leq 0,05$), ** - signifikantno ($p \leq 0,01$)

U tablici 11 prikazana je statistička obrada podataka o učinku istraživanih tretmana na redukciju broja jedinki i redukciju nadzemne mase korova. Vidljiva je signifikantna razlika za ukupan broj jedinki korova između godina, tretmana, interakcija godina x tretman, lokacija x tretman i dvostruka interakcija godina x lokacija x tretman. Na koeficijent učinka na redukciju

broja širokolisnih korova utvrđena je signifikantna razlika između godina, lokacija, interakcija godina x lokacija, tretmana, interakcija godina x tretman, lokacija x tretman i godina x lokacija x tretman. Kod utvrđenog koeficijenta učinak na redukciju broja uskolisnih korova signifikantna razlika nije utvrđena samo za interakciju godina x lokacija.

Signifikantna razlika u učinku na redukciju ukupne mase i mase širokolisnih korova utvrđena je između godina, lokacija, interakcija godina x lokacija, tretmana, godina x tretman, lokacija x tretman i dvostruka interakcija godina x lokacija x tretman. Kod učinka na redukciju mase uskolisnih korova signifikantna razlika nije utvrđena samo za interakciju godina x lokacija.

Zbog visoko signifikantne interakcije godina x lokacija x tretman, tablice 12 i 13 prikazuju srednje vrijednosti učinka na redukciju ukupnog broja jedinki i mase, broja i mase širokolisnih i uskolisnih korova, u odnosu na lokaciju i godinu istraživanja.

Tablica 12. *Utjecaj tretmana, godine i lokacije na redukciju ukupne mase, mase širokolisnih i mase uskolisnih korova u poljskim uvjetima*

Lokacija, godina / Tretman		Redukcija ukupne mase korova				Redukcija mase širokolisnih korova				Redukcija mase uskolisnih korova			
		Karlovac		Šašinovečki Lug		Karlovac		Šašinovečki Lug		Karlovac		Šašinovečki Lug	
		2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009
Topramezon	puna doza	95,1	86,1	93,3	66,1	100,0	100,0	100,0	89,7	50,9	0,0	84,5	42,1
	reducirana doza	92,7	86,5	91,6	48,6	100,0	100,0	100,0	73,6	19,3	0,0	82,9	36,3
	+COC	94,0	88,1	88,3	51,3	100,0	100,0	100,0	84,8	37,6	0,0	76,4	36,6
	+COC+UAN	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	+COC+AMS	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	+MSO	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	+MSO+UAN	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	+MSO+AMS	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	+NIS	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	+NIS+UAN	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	+NIS+AMS	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	+UAN	89,6	87,9	100,0	31,1	100,0	100,0	100,0	46,8	11,0	0,0	100,0	25,0
	+AMS	85,9	91,7	100,0	54,2	100,0	100,0	100,0	81,7	7,0	0,0	100,0	9,6
$LSD_{0,05}$		13,52				9,86				20,81			
$LSD_{0,05}$†		12,19				9,67				19,01			

† za usporedbu srednjih vrijednosti unutar iste godine i lokacije

Tablica 13. *Utjecaj tretmana, godine i lokacije na redukciju ukupnog broja jedinki, broja jedinki širokolisnih i uskolisnih korova u poljskim uvjetima*

Lokacija, godina / Tretman		Redukcija ukupnog broja korova				Redukcija broja širokolisnih korova				Redukcija broja uskolisnih korova			
		Karlovac		Šašinovečki Lug		Karlovac		Šašinovečki Lug		Karlovac		Šašinovečki Lug	
		2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009
Topramezon	puna doza	83,4	54,3	68,8	60,5	100,0	100,0	100,0	78,6	0,0	0,0	40,4	42,3
	reducirana doza	84,4	57,8	51,5	55,0	100,0	100,0	100,0	77,7	5,0	0,0	16,7	35,5
	+ COC	81,4	59,3	50,7	47,4	100,0	100,0	100,0	78,7	3,1	0,0	14,2	37,0
	+ COC + UAN	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	+ COC + AMS	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	+ MSO	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	+ MSO + UAN	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	+ MSO + AMS	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	+ NIS	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	+ NIS + UAN	100,0	100,0	100,0	90,1	100,0	100,0	100,0	98,2	100,0	100,0	100,0	70,0
	+ NIS + AMS	100,0	100,0	100,0	92,3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	72,5
	+ UAN	73,9	57,5	100,0	41,8	100,0	100,0	100,0	70,4	0,0	0,0	100,0	25,3
	+ AMS	69,8	69,3	100,0	55,7	100,0	100,0	100,0	78,5	0,0	0,0	100,0	27,2
$LSD_{0,05}$		14,09				7,36				22,86			
$LSD_{0,05}$†		13,55				7,32				19,73			

† za usporedbu srednjih vrijednosti unutar iste godine i lokacije

Na lokaciji Karlovac u obje godine istraživanja sve su kombinacije topramezona i adjuvanata postigle odličan učinak na redukciju ukupne mase korova, dok je na lokaciji Šašinovečki Lug to ostvareno samo u prvoj godini istraživanja (tablica 12). Godine 2009. na lokaciji Šašinovečki Lug za isto svojstvo utvrđen je statistički najslabiji učinak (31,1%) i to na tretmanu topramezon+UAN. U istoj godini na ovoj lokaciji također su postignuti nezadovoljavajući i signifikantno slabiji učinci na redukciju mase na tretmanima gdje je reduciranoj dozi topramezona kao adjuvant dodan COC (51,3%) i AMS (54,2%). Ovi učinci su tek neznatno bolji od učinka iste doze topramezona primijenjene bez adjuvanata (48,6%). Ni puna (preporučena) doza topramezona bez adjuvanata nije postigla zadovoljavajući učinak (samo 66,1%). Svi ostali istraživani tretmani postigli su 100% učinke na redukciju ukupne mase korova. Kad se učinci istraživanih tretmana promatraju u odnosu na skupinu korova (uskolisni i širokolisni), vidljivo je iz iste tablice da su učinci svih tretmana na redukciju nadzemne mase širokolisnih korova na lokaciji Karlovac u obje godine istraživanja bili potpuni (100%). Na lokaciji Šašinovečki Lug utvrđene su statistički opravdane razlike u redukciji mase svježe mase širokolisnih korova. Najlošiji učinak od 46,8% utvrđen je za kombinaciju topramezona u reduciranoj dozi i UAN-a. Svi ostali tretmani zabilježili su učinke između zadovoljavajućih i odličnih. Na redukciju mase svježe mase uskolisnih korova na lokaciji Karlovac 2008. godine statistički najlošiji učinci zabilježeni su na tretmanima topramezon+AMS (7%), +UAN (11%) i bez adjuvanata u reduciranoj dozi (19,3%). Nezadovoljavajuće su učinke postigli topramezon primijenjen u preporučenoj dozi bez adjuvanata (50,9%) i topramezon+COC (37,6%). Učinak na redukciju mase svježe mase uskolisnih korova na svim ostalim tretmanima bio je 100%. Sličan je učinak utvrđen i na lokaciji Šašinovečki Lug 2009. godine gdje su tretmani topramezon preporučena doza, topramezon reducirana doza i topramezon reducirana doza s COC-om, UAN-om i AMS-om postigli nezadovoljavajuće rezultate, dok su ostali tretmani zabilježili učinak od 100%. Na lokaciji Karlovac 2009. godine učinak na redukciju mase svježe mase uskolisnih korova tretmana topramezon puna doza, topramezon reducirana doza i topramezon reducirana doza s COC-om, UAN-om i AMS-om iznosio je 0%, dok je na svim ostalim tretmanima učinak bio 100%. Godine 2008. na pokusnoj lokaciji Šašinovečki Lug utvrđeni su učinci na redukciju mase svježe mase uskolisnih korova između zadovoljavajućih i odličnih.

Iz tablice 13 vidljiv je na lokaciji Karlovac 2008. i 2009. godine i na lokaciji Šašinovečki Lug 2009. godine statistički slabiji učinak tretmana topramezona u preporučenoj dozi i reduciranoj dozi i kombinacije reducirane doze topramezona s COC-om, UAN-om i AMS-om, u odnosu na ostale tretmane čiji je učinak na redukciju ukupnog broja korova

iznosio 100%. Na lokaciji Šašinovečki Lug 2008. godine statistički je opravdano slabiji učinak na ukupan broj jedinki korova utvrđen za tretmane topramezona u preporučenoj (68,8%) i reduciranoj dozi (51,5%) i kombinaciju reducirane doze topramezona s COC-om (50,7%). Učinak na broj širokolisnih korova na lokaciji Karlovac tijekom obje godine istraživanja i na lokaciji Šašinovečki Lug u prvoj godini istraživanja iznosio je 100% na svim istraživanim tretmanima. Na pokusnoj lokaciji Šašinovečki Lug 2009. godine utvrđen je statistički opravdano slabiji učinak na redukciju broja širokolisnih korova tretmana topramezona u preporučenoj (78,6%) i reduciranoj dozi (77,7%), kao i kombinacije topramezona u reduciranoj dozi s COC-om (78,7%), UAN-om (70,4%) i AMS-om (78,5%). Svi su ostali tretmani na toj lokaciji 2009. godine postigli učinak od 100%. Na lokaciji Karlovac u obje istraživane godine i na lokaciji Šašinovečki Lug 2009. godine tretmani topramezon u preporučenoj i reduciranoj dozi i kombinacije topramezona u reduciranoj dozi s COC-om, UAN-om i AMS-om postigli su statistički lošije učinke u odnosu na ostale tretmane gdje je učinak na broj uskolisnih korova iznosio 100%. Na lokaciji Šašinovečki Lug 2009. godine statistički je opravdano lošiji učinak na broj uskolisnih korova utvrđen za tretmane topramezon preporučena (42,3%) i reducirana doza (35,5%), kao i kombinacije topramezona u reduciranoj dozi s COC-om (37%), UAN-om (25,3%), AMS-om (27,2%), NIS+UAN-om (70%) i NIS+AMS-om (72,5%). Svi su ostali tretmani postigli učinak od 100% na ukupan broj uskolisnih korova.

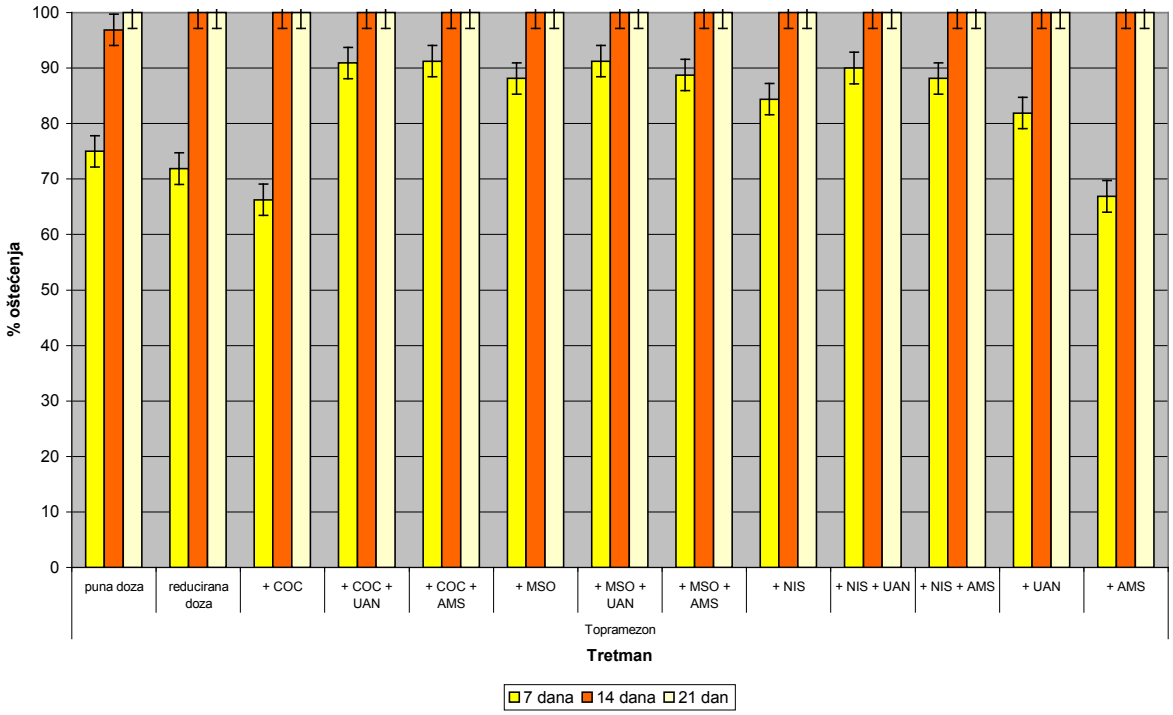
Važno je uočiti kod slabijih učinaka istraživanih tretmana da su učinci na redukciju broja jedinki korova slabiji od učinaka na redukciju nadzemne mase korova. Ovo govori u prilog herbicidnog učinka na korove jer masa korova, a ne njihov broj nanosi štetu kulturi.

4.1.2. Učinak istraživanih tretmana utvrđen vizualnom ocjenom učinka 7, 14 i 21 dan nakon tretiranja

Kod opisa metoda kojima je utvrđivan učinak istraživanih tretmana navedeno je utvrđivanje učinka subjektivnom vizualnom ocjenom učinka po skali od 0 do 100%. Ova se metoda sastoji u subjektivnoj procjeni postotka oštećenja pojedine korovne vrste (i jedinke unutar vrste) izazvanog tretiranjem. Ova ocjena se obavlja u više navrata nakon (7, 14, 21 dan) primjene tretmana. Cilj višekratne procjene je utvrđivanje „brzine“ djelovanja tretmana kao i utvrđivanje progresivnog, odnosno degresivnog karaktera početnog herbicidnog učinka. Prednost ove metode ocjenjivanja učinka u odnosu na prethodnu (redukcija mase i broja

jedinki) leži u činjenici što je njome moguće utvrditi učinak i na manje zastupljene korovne vrste u korovnoj flori pokusne parcele.

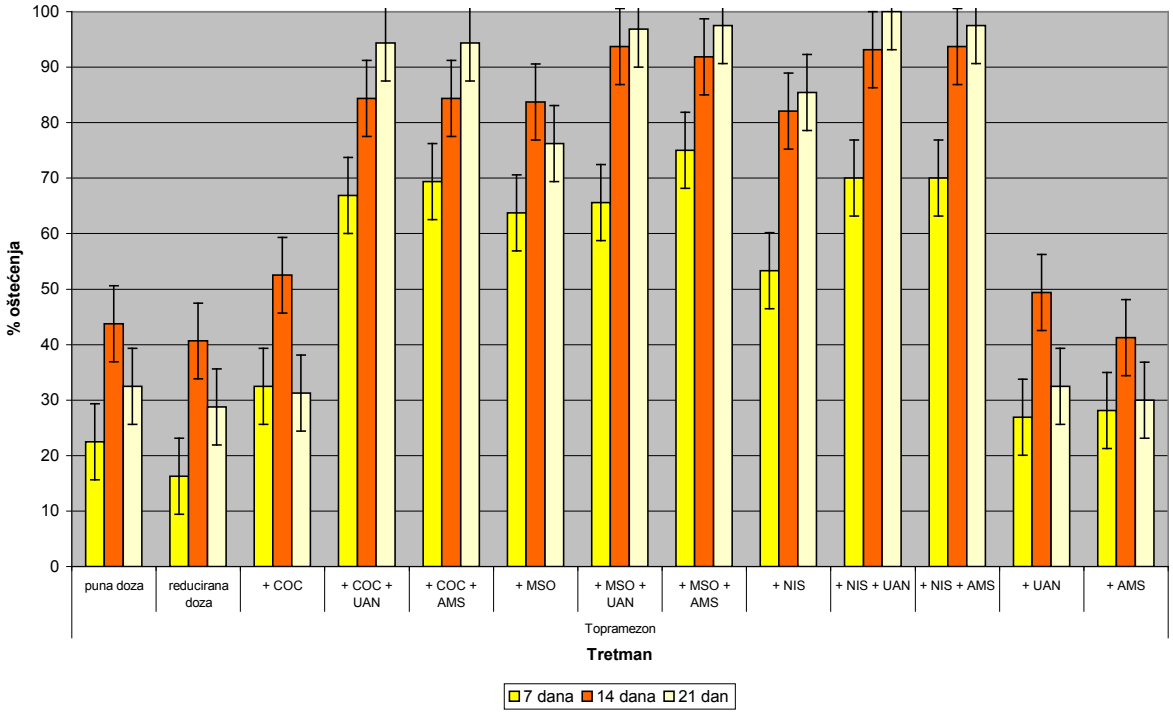
U skladu s navedenim, u ovom poglavlju grafički su prikazani rezultati učinka na pojedine korovne vrste po lokacijama i godinama istraživanja.



Grafikon 1. *Prosječna ocjena učinka istraživanih tretmana na vrstu Ambrosia artemisiifolia na lokaciji Karlovac*

Ovisno o godini, *Ambrosia artemisiifolia* je na lokaciji u Karlovcu bila najzastupljenija s prosječno 43, odnosno 35 jedinki po m^2. Iz grafikona 1 je vidljivo da je limundžik vrlo osjetljiv na herbicid topramezon, bez obzira na dozu i dodane adjuvante. Tri tjedna nakon tretiranja utvrđeno je potpuno propadanje biljaka ove vrste.

U grafikonu 2 prikazana je vizualna ocjena učinka istraživanih tretmana na vrstu *Echinochloa crus-galli*. Koštan je bio zastupljen s relativno malim brojem jedinki (5 i 7 po m^2) na lokaciji u Karlovcu u obje godine istraživanja. Zapravo je bio ugušen velikim brojem jedinki limundžika, što je vidljivo da su prisutne jedinke razvile malu nadzemnu masu korova (265 i 205 g po m^2). Unatoč navedenima i pri takovim uvjetima zakorovljenosti vidljive su razlike između istraživanih tretmana.



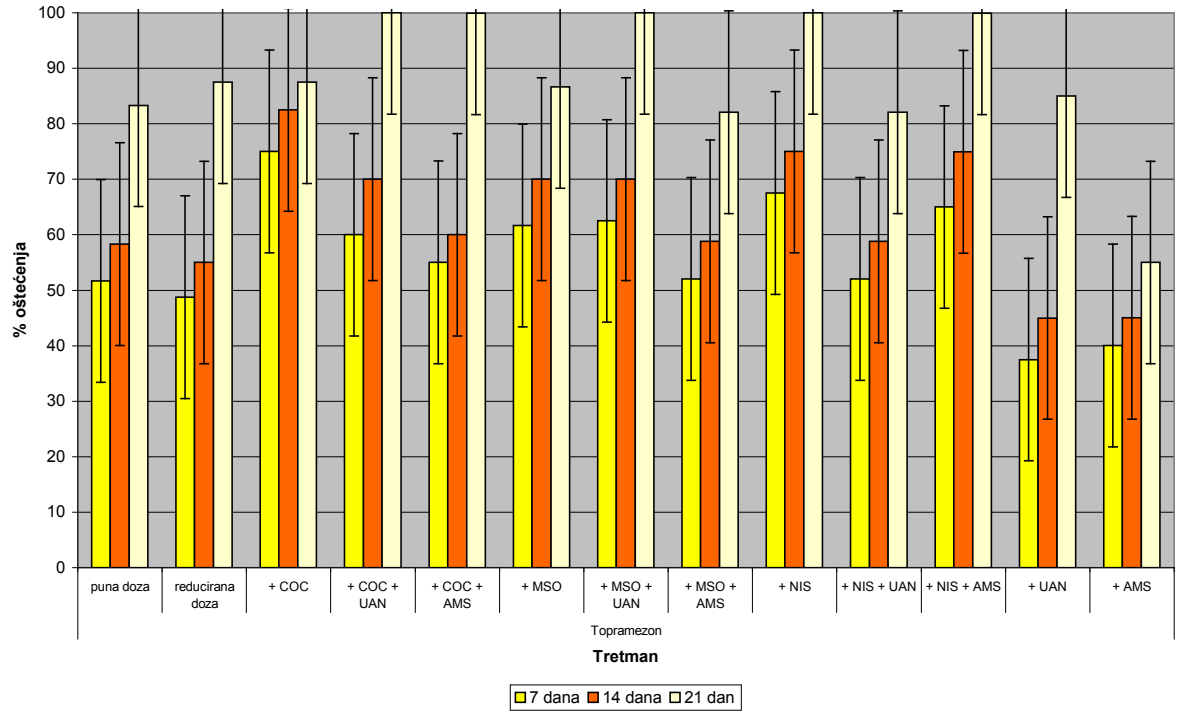
Grafikon 2. *Prosječna ocjena učinka istraživanih tretmana na vrstu Echniochloa crus-galli na lokaciji Karlovac*

Iz grafikona 2 razvidna je različita osjetljivost koštana na istraživane kombinacije. Topramezon primijenjen u preporučenoj i reduciranoj dozi bez dodanih adjuvanata, kao i topramezon primijenjen u reduciranoj dozi u kombinaciji s adjuvantima COC, UAN i AMS, nije postigao zadovoljavajuće učinke na koštan. Kod svih navedenih kombinacija utvrđena je i statistički opravdana regeneracija biljaka koštana tri tjedna nakon tretiranja u odnosu na tjedan dana ranije. Zadovoljavajući učinci tri tjedna nakon tretiranja utvrđeni su za kombinacije reducirane doze topramezona s adjuvantima MSO (76,3%) i NIS (85,4%). Statistički opravdano najbolji učinci na koštan utvrđeni su za kombinacije topramezona u reduciranoj dozi u kombinaciji s COC+UAN-om (94%), COC+AMS-om (94,4%), MSO+UAN-om (96,9%), MSO+AMS-om (97,5%), NIS+UAN-om (100%) i NIS+AMS-om (97,5%). Može se uočiti da kombinacija topramezona u reduciranoj dozaciji s NIS-om iskazuje lošije inicijalno djelovanje (sedam dana nakon tretiranja – 53,3%) od ostalih tretmana koji su postigli zadovoljavajuće i izvrsne učinke na koštan.

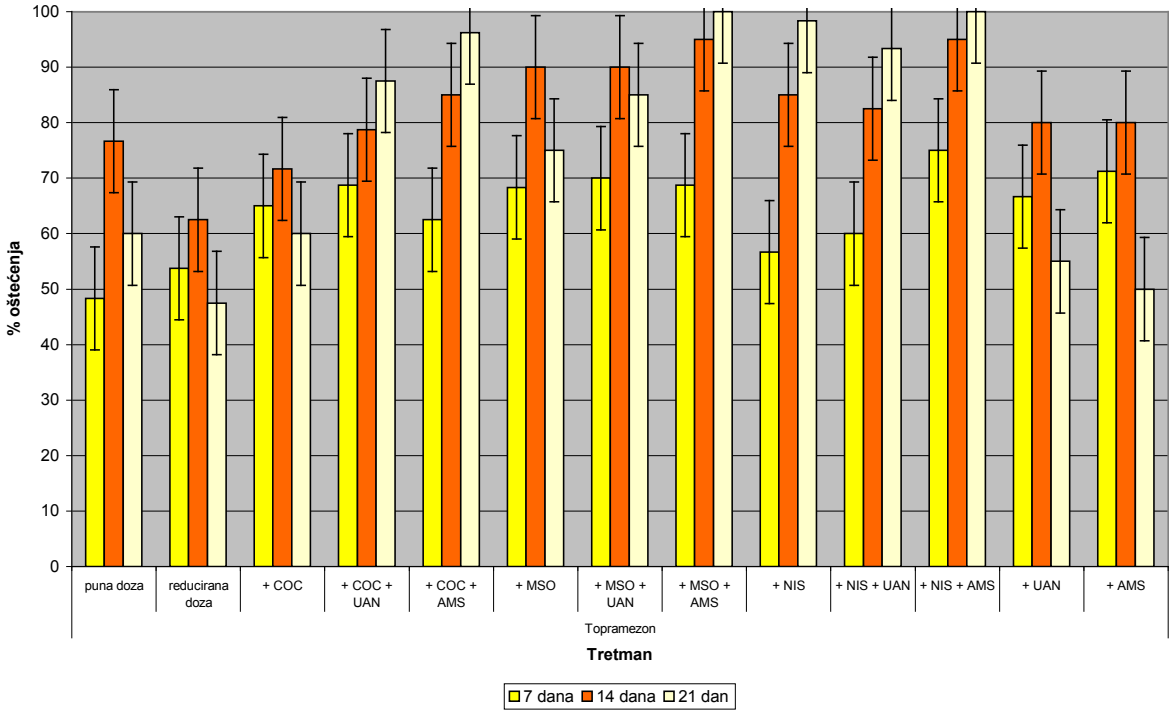
Grafikoni 3 i 4 prikazuju vizualne ocjene učinka istraživanih tretmana na perzijski dvornik. Jedinke vrste *Polygonum persicaria* su bile zastupljene na lokacijama Karlovac 2008. i Šašinovečki Lug 2009. godine. Jedinke vrste perzijski dvornik nisu pronađene na kontrolnoj parceli na lokaciji Karlovac zbog velikog broja i mase (43 jedinki i 2223 g po m^2)

limundžika koji ih je „ugušio“. U Šašinovečkom Lugu je utvrđeno svega 8 jedinki sa 60 g po m^2.

Iz grafikona 3 vidljivo je da samo kombinacija topramezona u reduciranoj dozi u kombinaciji s adjuvantom AMS (55%) tri tjedna nakon tretiranja nije postigla zadovoljavajući učinak na perzijski dvornik. Učinci na perzijski dvornik svih ostalih istraživanih tretmana nisu se međusobno statistički opravdano razlikovali i iznosili su više od 80%. Potrebno je uočiti da LSD vrijednost (linija pogreške) iznosi $\pm 18{,}26$ što ukazuje na nepouzdanost učinka istraživanih tretmana na oštećenje perzijskog dvornika.



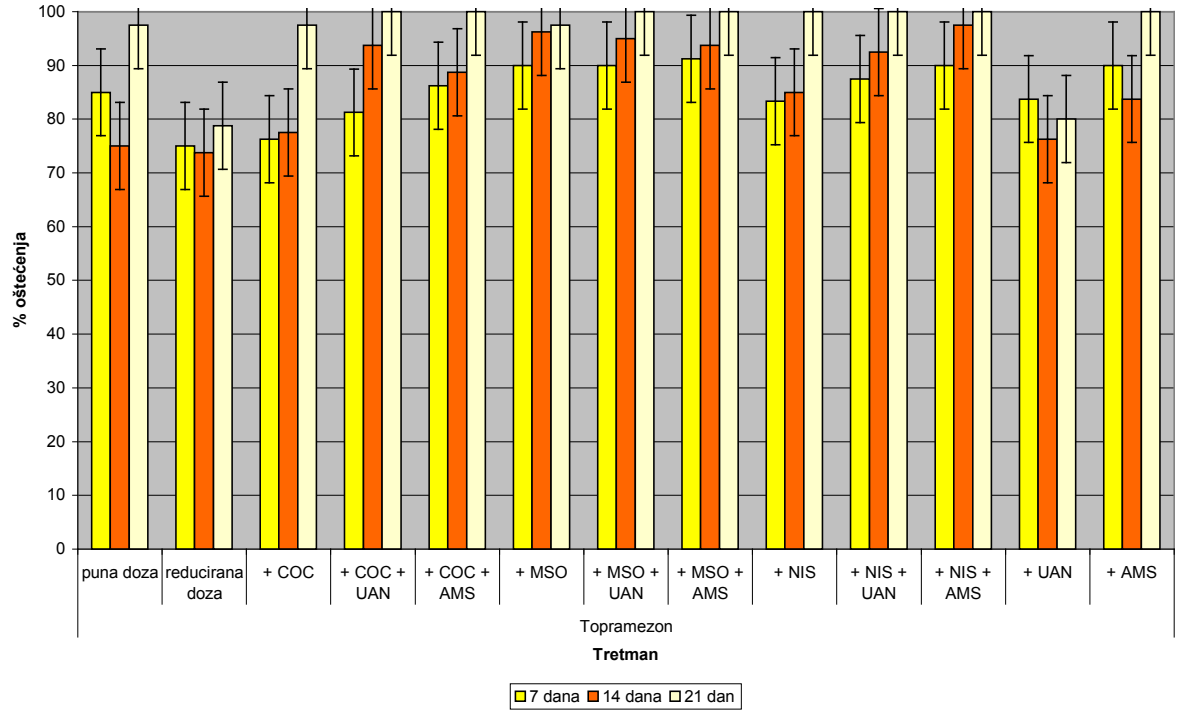
Grafikon 3. *Prosječna ocjena učinka istraživanih tretmana na vrstu Polygonum persicaria na lokaciji Karlovac 2008. godine*



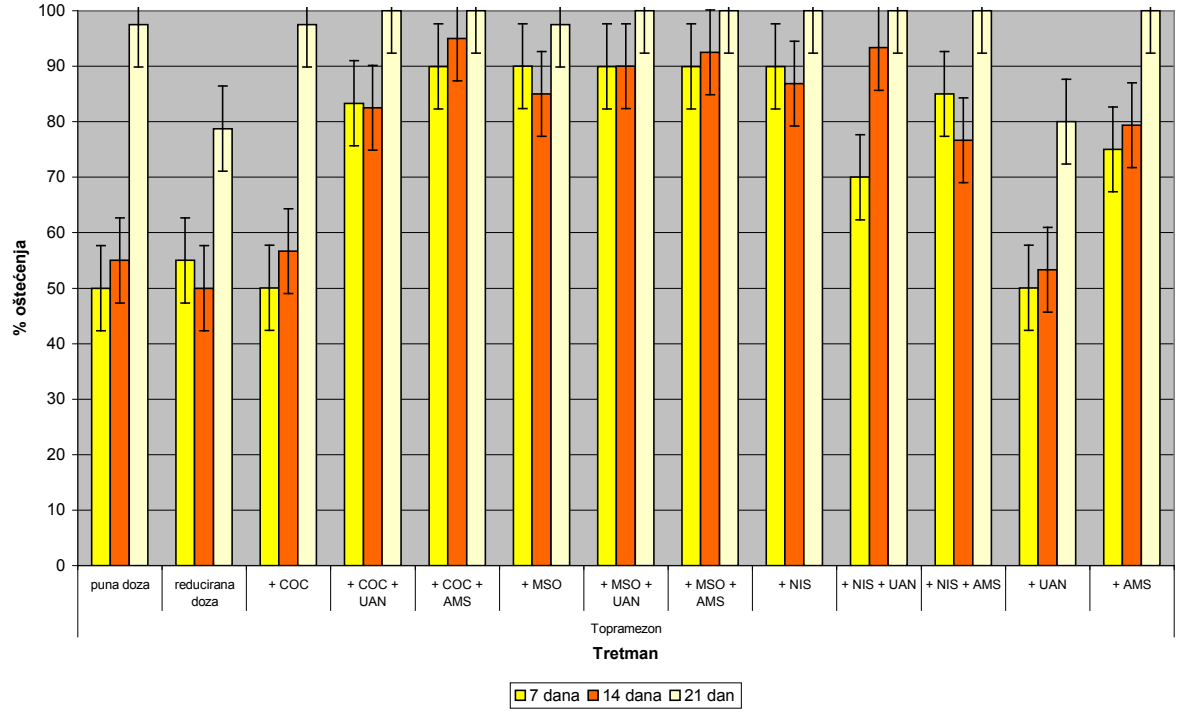
Grafikon 4. *Prosječna ocjena učinka istraživanih tretmana na vrstu Polygonum persicaria na lokaciji Šašinovečki Lug 2009. godine*

Konačni učinci (utvrđeni 21 dan nakon tretiranja) na ovu vrstu na lokaciji u Šašinovečkom Lugu (grafikon 4) općenito su slabiji nego na lokaciji Karlovac. Statistički najslabiji učinci na perzijski dvornik postigli su topramezon u punoj (60%) i reduciranoj dozi (47,5%) i kombinacije topramezona u reduciranoj dozi s adjuvantima UAN (55%) i AMS (50%). Statistički najbolji učinci na perzijski dvornik postigle su kombinacije topramezona u reduciranoj dozi s adjuvantima COC+AMS (96,3%), MSO+AMS (100%), NIS (98,3%), NIS+UAN (93,3%) i NIS+AMS (100%). Na lokaciji Šašinovečki Lug je utvrđeno degresivno djelovanje, odnosno regeneracija jedinki perzijskog dvornika tri tjedna u odnosu na dva tjedna nakon tretiranja topramezona primijenjenog u punoj i reduciranoj dozi i u kombinacijama reducirane doze topramezona s adjuvantima COC, MSO, MSO+UAN, UAN i AMS.

U kukuruzu uobičajeno učestala vrsta *Amaranthus retroflexus* tijekom istraživanja je bila prisutna samo na lokaciji u Šašinovečkom Lugu. U prvoj godini istraživanja je bila zastupljena s prosječno 3, a u drugoj s prosječno 6 jedinki po m^2. Rezultati učinka istraživanih tretmana na ovu vrstu prikazani su u grafikonima 5 i 6.



Grafikon 5. *Prosječna ocjena učinka istraživanih tretmana na vrstu Amaranthus retroflexus 2008. godine*

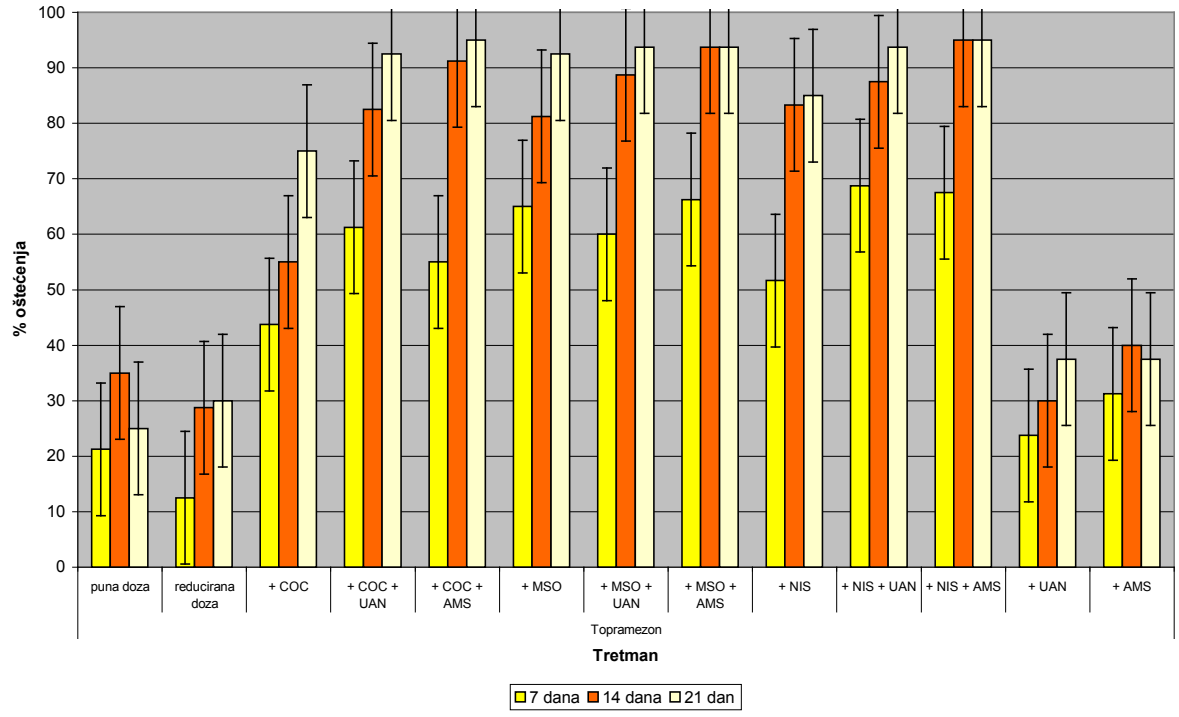


Grafikon 6. *Prosječna ocjena učinka istraživanih tretmana na vrstu Amaranthus retroflexus 2009. godine*

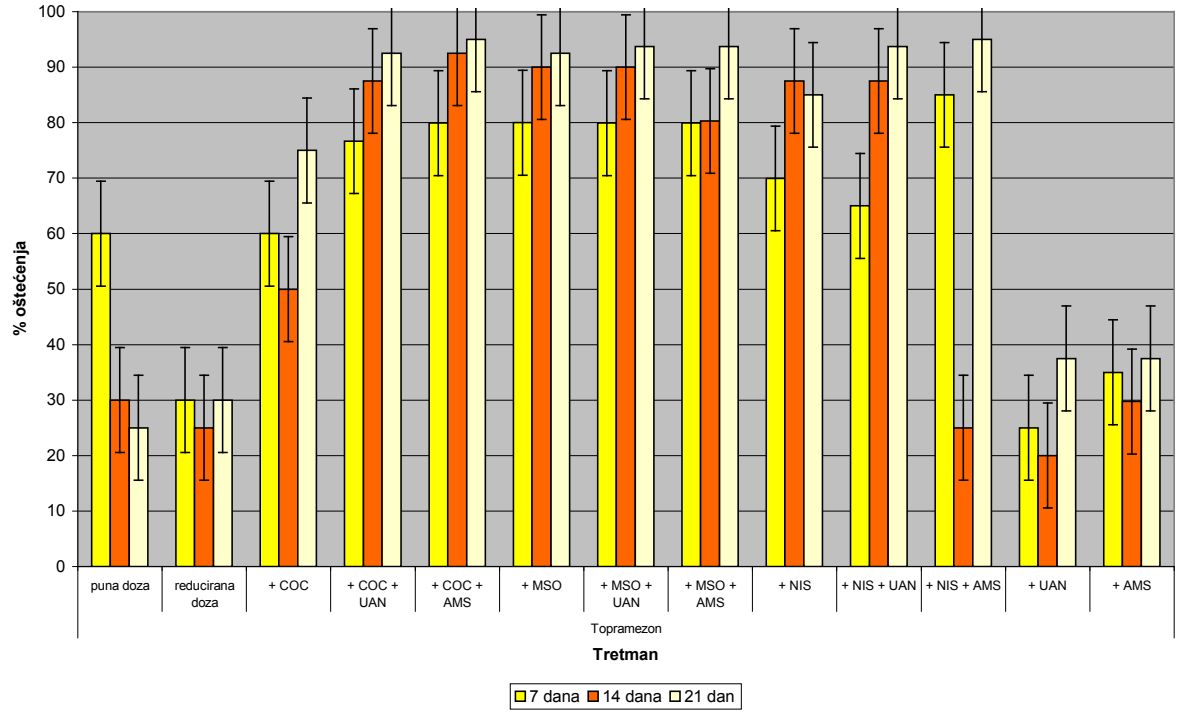
Prema rezultatima u grafikonu 5 moglo bi se zaključiti da je šćir vrlo osjetljiva vrsta na herbicid topramezon. Međutim, iz rezultata u grafikonu 6 vidljivo je da osjetljivost, iako su konačni učinci zadovoljavajući, u određenim uvjetima može varirati.

Naime, inicijalno djelovanje preporučene i reducirane doze bez adjuvanata te reducirane doze u kombinaciji s adjuvantima COC i UAN je znatno slabije od inicijalnog djelovanja reducirane doze u kombinaciji s ostalim adjuvantima. Iako statistički opravdano, najlošiji učinci na šćir tri tjedna nakon tretiranja 2008. i 2009. godine utvrđeni su za kombinaciju reducirane doze topramezona i u kombinaciji iste doze s adjuvantom UAN. Istaknute su kombinacije ipak postigle zadovoljavajuće učinke (>75%) tri tjedna nakon tretiranja. Svi ostali tretmani u obje su godine postigli odlične učinke (>90%).

Po zastupljenosti u usjevu kukuruza korovna vrsta *Chenopodium album,* kao i *Amaranthus retroflexus,* također je značajna. U ovom istraživanju u obje godine istraživanja bila je prisutna samo na lokaciji Šašinovečki Lug s prosječno 3 u prvoj i s prosječno 11 jedinki po m^2 u drugoj godini istraživanja. Učinci istraživanih tretmana prikazani su u grafikonima 7 i 8.



Grafikon 7. *Prosječna ocjena učinka na vrstu Chenopodium album na lokaciji Šašinovečki Lug 2008. godine*



Grafikon 8. *Prosječna ocjena učinka na vrstu Chenopodium album na lokaciji Šašinovečki Lug 2009. godine*

Prikazani rezultati u grafikonima 7 i 8 daju relativno pouzdane informacije o osjetljivosti bijele lobode na herbicid topramezon. Naime, obje istraživane dozacije ovog herbicida primijenjene bez adjuvanata te u obje istraživane godine nisu postigle gotovo nikakve (< od 30%) učinke. Podjednako slab učinak na ovu vrstu postigle su i kombinacije reducirane doze herbicida s UAN-om, odnosno AMS-om. Učinak na ovu vrstu znatno je popravljen (od zadovoljavajućeg do odličnog nivoa) kad je reduciranoj dozaciji topramezona dodan adjuvant iz sve tri skupine (COC, MSO i NIS). Važno je iz prikazanih rezultata uočiti da je učinak kombinacije reducirane doze i adjuvanta COC-a i NIS-a znatno popravljen kad im je dodan UAN ili AMS iako sami uz reduciranu dozu herbicida nisu poboljšali herbicidni učinak topramezona.

4.1.3. Utjecaj korova i istraživanih tretmana na prinos kukuruza

Utvrđivanje prinosa kukuruza kao pokazatelja herbicidnog učinka istraživanih tretmana obavljeno je u obje godine istraživanja na obje lokacije.

Tablica 14. *Analiza varijance za prinos kukuruza*

Izvor varijabilnosti	**n-1**	**SS**	**s^2**	**Fexp**	**F-test**
Godina	1	53760000	53760000	2,44	ns
Lokacija	1	459500000	459500000	18,74	**
Godina x Lokacija	1	72370000	72370000	2,95	ns
Greška (a)	12	294300000	24520000	12,63	
Tretman	13	138500000	10660000	5,49	**
Godina × Tretman	13	38810000	2985000	1,54	ns
Lokacija × Tretman	13	65120000	5010000	2,58	**
Godina × Lokacija × Tretman	13	47260000	3635000	1,87	*
Greška (b)	156	30300000	1942000		
Ukupno	223	1479000000			

ns – nesignifikantno, * - signifikantno ($p \leq 0,05$), ** signifikantno ($p \leq 0,01$)

Iz tablice 14 razvidno je da je utvrđena signifikantna razlika u prinosu kukuruza između istraživanih lokacija, između tretmana i za interakcije lokacija x tretman i godina x lokacija x tretman. Stoga su u tablici 15 prikazane srednje vrijednosti mase zrna kukuruza (s 14% vlage zrna) s obzirom na godinu istraživanja, lokaciju i istraživane tretmane.

U istraživanju utjecaja kombinacija topramezona i adjuvanata na prinos kukuruza utvrđen je prosječan prinos kukuruza od 8608 kg ha^{-1} za obje godine i obje lokacije. Prosječan prinos kukuruza 2008. godine bio je 9124, a 2009. godine 8091 kg ha^{-1}. Utvrđeni su statistički bolji prosječni prinosi na lokaciji Šašinovečki Lug (10040 kg ha^{-1}) nego na lokaciji u Karlovcu (7175 kg ha^{-1}).

Tablica 15. *Prinos kukuruza po godini istraživanja, lokaciji i tretmanu*

Lokacija / Tretman	Karlovac		Šašinovečki Lug	
Godina	**2008**	**2009**	**2008**	**2009**
Kontrola	3584	4596	11018	7535
Topramezon*	6553	6671	10704	9262
Topramezon[1]	7914	7890	11044	7744
Topramezon[1] + COC	6987	7180	11172	8364
Topramezon[1] + COC + UAN	7032	6750	11355	9845
Topramezon[1] + COC + AMS	7936	7767	11224	11130
Topramezon[1] + MSO	7858	7835	10865	8963
Topramezon[1] + MSO + UAN	7533	7573	11011	10831
Topramezon[1] + MSO + AMS	7932	7965	11366	11282
Topramezon[1] + NIS	7691	7811	11646	9060
Topramezon[1] + NIS + UAN	7376	7729	11654	10346
Topramezon[1] + NIS + AMS	7693	7772	10136	8940
Topramezon[1] + UAN	6800	6800	10988	6658
Topramezon[1] + AMS	6843	6878	11564	9080
$LSD_{0,05}$	2684			
$LSD_{0,05}$†	1947			

* - preporučena (puna) doza topramezona (66,0 g d.t. ha^{-1})
[1] - smanjena doza topramezona (45,0 g d.t. ha^{-1})
† za usporedbu srednjih vrijednosti unutar iste godine i lokacije

Kao što je vidljivo tijekom obje godine istraživanja na lokaciji Karlovac utvrđeni su statistički najniži prinosi kukuruza (3584 i 4596 kg ha^{-1}) na kontrolnoj (ne tretiranoj) u odnosu na prinose na svim tretmanima na kojima je herbicid primijenjen. Razlike između istraživanih tretmana na lokaciji Karlovac nisu bile statistički opravdane ni u jednoj godini istraživanja.

Statistički opravdana razlika u prinosu kukuruza između istraživanih tretmana nije utvrđena ni na lokaciji Šašinovečki Lug. Prinos se kretao od 10136 kg ha^{-1} na tretmanu topramezon+NIS+AMS do 11654 kg ha^{-1} na tretmanu topramezon+NIS+UAN. U 2009. godini na istoj lokaciji (Šašinovečki Lug) utvrđene su statistički opravdane razlike u prinosu između istraživanih tretmana. Statistički opravdano niži prinosi utvrđeni su na tretmanima topramezon+UAN (6658 kg ha^{-1}), tretmanu bez primijenjenog herbicida – kontroli (7535 kg

ha^{-1}) i na tretmanu gdje je topramezon primijenjen u reduciranoj dozi bez adjuvanta (7744 kg ha^{-1}). Statistički opravdane razlike u prinosu kukuruza između tretmana na lokaciji Šašinovečki Lug za 2008. i 2009. godinu utvrđene su za tretmane kontrola, topramezon primijenjen u reduciranoj dozaciji bez adjuvanata, topramezon+COC i topramezon+UAN.

4.2. REZULTATI POKUSA U KONTROLIRANIM UVJETIMA

Učinak različitih doza (0; 8,25; 16,5; 33; 66; 132 g d.t. ha^{-1}) topramezona u kombinaciji s različitim adjuvantima (COC, MSO i NIS), dušičnim gnojivima (UAN i AMS) i kombinacijama adjuvanata i dušičnih gnojiva istraživan je na tri jednogodišnje širokolisne u kukuruzu vrlo česte korovne vrste: *Abutilon theophrasti* (europski mračnjak), *Ambrosia artemisiifolia* (limundžik) i *Amaranthus retroflexus* (šćir). Rezultati istraživanja prikazani su zasebno za svaku korovnu vrstu.

4.2.1. Učinak istraživanih tretmana na europski mračnjak

Kako je u poglavlju materijali i metode navedeno, učinak istraživanih tretmana na europski mračnjak utvrđivan je vizualnom ocjenom oštećenja korovnih jedinki po skali od 0 do 100% 7, 14 i 21 dan nakon tretiranja i utvrđivanjem vrijednosti svježe i suhe nadzemne mase po lončiću po svakom tretmanu.

4.2.1.1. Vizualna ocjena učinka na europski mračnjak

U tablici 16 prikazana je statistička analiza podataka vizualne ocjene učinka

Tablica 16. *Analiza varijance za subjektivnu ocjenu učinka na europski mračnjak u kontroliranim uvjetima*

Izvor varijabilnosti	**n-1**	**SS**	**s^2**	**Fexp**	**F-test**
Repeticija	2	123,23	61,61		
Doza	5	338465,93	67693,19	2747,20	**
Adjuvant	11	40305,05	3664,10	148,70	**
Doza × Adjuvant	55	45398,42	825,43	33,50	**
Greška (a)	142	3499,00	24,64	0,85	
Vrijeme	2	48736,65	24368,33	687,30	**
Greška (b)	4	141,82	35,46	1,22	
Doza × Vrijeme	10	17246,68	1724,67	59,23	**
Adjuvant × Vrijeme	22	17684,65	803,85	27,61	**
Doza × Adjuvant × Vrijeme	110	13670,91	124,28	4,27	**
Greška (c)	284	8269,29	29,12		
Ukupno	647	533541,63			

** signifikantno ($p \leq 0,01$)

Iz tablice 16 vidljivo je da je kod vizualnih ocjena učinka istraživanih tretmana na europski mračnjak utvrđena visokosignifikantna ($p \leq 0,01$) razlika između doza topramezona, adjuvanata te interakcija doza x adjuvant. Također je zabilježena visokosignifikantna razlika s obzirom na vrijeme (7, 14 i 21 dan) utvrđivanja herbicidnog učinka istraživanih tretmana. Za interakcije doza topramezona x vrijeme ocjenjivanja, adjuvant x vrijeme ocjenjivanja te doza x adjuvant x vrijeme ocjenjivanja također su utvrđene visokosignifikantne razlike. Stoga su u tablici 17 prikazane prosječne vrijednosti oštećenja biljaka europskog mračnjaka u odnosu na adjuvant (i kombinaciju adjuvanata), dozu topramezona i vrijeme vizualnog ocjenjivanja oštećenja.

Tablica 17. *Prosječne vrijednosti oštećenja biljaka europskog mračnjaka u odnosu na istraživane tretmane i na vrijeme ocjenjivanja u kontroliranim uvjetima*

	Topramezon (g d.t. ha^{-1})																	
	0			**8,25**			**16,5**			**33,0**			**66,0**			**132,0**		
Vrijeme / Adjuvant	**7**	**14**	**21**	**7**	**14**	**21**	**7**	**14**	**21**	**7**	**14**	**21**	**7**	**14**	**21**	**7**	**14**	**21**
bez adjuvanata	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	3,3	25,0	30,0	31,7	45,0	56,7	60,0	48,3	70,0	80,0	50,0	70,0	80,0
COC	0,0	0,0	0,0	16,7	5,0	10,0	36,7	30,0	31,7	43,3	50,0	41,7	48,3	58,3	43,3	53,3	58,3	40,0
COC + UAN	0,0	0,0	0,0	45,0	63,3	56,6	51,7	68,3	73,3	45,0	68,3	70,0	45,0	73,3	80,0	48,3	70,0	80,0
COC + AMS	0,0	0,0	0,0	40,0	75,0	70,0	40,0	75,0	80,0	45,0	75,0	81,7	46,7	75,0	85,0	51,7	75,0	80,0
MSO	0,0	0,0	0,0	26,7	43,3	30,0	45,0	46,7	33,3	48,3	60,0	56,7	48,3	63,3	60,0	45,0	60,0	56,7
MSO + UAN	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	3,3	41,7	75,0	80,0	35,0	71,7	80,0	48,3	80,0	91,7	50,0	86,7	96,7
MSO + AMS	0,0	0,0	0,0	36,7	70,0	63,3	40,0	70,0	80,0	36,7	80,0	76,7	36,7	81,7	83,3	48,3	85,0	90,0
NIS	0,0	0,0	0,0	30,0	26,7	20,0	36,7	40,0	46,7	36,7	41,7	60,0	40,0	58,3	78,3	41,7	56,7	73,3
NIS + UAN	0,0	0,0	0,0	46,7	56,7	70,0	48,3	56,7	70,0	50,0	70,0	81,7	48,3	70,0	80,0	48,3	30,0	90,0
NIS + AMS	0,0	0,0	0,0	48,3	60,0	63,3	41,7	61,7	60,0	46,7	68,3	83,3	40,0	70,0	78,3	50,0	71,7	93,3
UAN	0,0	0,0	0,0	25,0	41,7	40,0	36,7	63,3	53,3	38,3	66,7	76,7	43,3	60,0	76,7	45,0	66,7	83,3
AMS	0,0	0,0	0,0	38,3	50,0	53,3	50,0	70,0	91,7	45,0	70,0	93,3	48,3	80,0	96,7	46,7	80,0	96,7
$LSD_{0,05}$	8,5																	
$LSD_{0,05}$†	8,4																	
$LSD_{0,05}$††	8,7																	
$LSD_{0,05}$†††	8,4																	
$LSD_{0,05}$††††	8,4																	

† unutar istog vremena; †† unutar iste doze i tretmana; ††† unutar iste doze i vremena ocjenjivanja; †††† unutar istog tretmana i vremena ocjenjivanja

Kao što pokazuje tablica 17, kod tretmana gdje nije primijenjen herbicid (**doza topramezona 0 g d.t. ha^{-1}**) nego samo tretmani s adjuvantima, nije utvrđen herbicidni učinak na mračnjak ni jednog adjuvanta, odnosno kombinacije adjuvanata.

Kod tretmana s najnižom dozom (**8,25 g d.t. ha^{-1}) topramezona** dobivene su signifikantne razlike između stupnja oštećenja biljaka mračnjaka u odnosu na istraživani tretman (adjuvant) i u odnosu na vrijeme ocjenjivanja stupnja oštećenja. Najniža doza topramezona primijenjena bez adjuvanta iskazala je zanemariv herbicidni učinak na biljke mračnjaka. Čak što više, simptomi inicijalnog djelovanja (10%) kroz vrijeme su se izgubili, odnosno došlo je do regeneracije biljaka. Jednako slab herbicidni učinak postigao je i tretman gdje je najnižoj dozi herbicida dodana kombinacija adjuvanata MSO+UAN. Kad su ovoj dozi herbicida dodani navedeni adjuvanti pojedinačno učinak je bio bolji, ali ni blizu zadovoljavajućeg. Konačna ocjena oštećenja (21 dan nakon tretiranja) ima najveći praktični značaj i relevantna je za prosudbu djelovanja herbicida općenito, dok ranije ocjene (7 i 14 dana) govore o inicijalnom djelovanju, brzini djelovanja i o progresivnom (vodi propadanju biljaka), odnosno degresivnom (regeneracija biljaka) karakteru početnog djelovanja herbicida.

Općenito se smatra da je donja granica zadovoljavajućeg učinka herbicida 70% oštećenja korovnih biljaka. Prema ovom kriteriju, najniža doza topramezona zadovoljila je konačnim učinkom (70%) na mračnjak samo kod tretmana gdje je ovoj dozi dodana kombinacija adjuvanata COC+AMS i kombinacija NIS+UAN. Svi ostali istraživani adjuvanti, odnosno kombinacije adjuvanata najnižoj istraživanoj dozi herbicida (8,25 g d.t. ha^{-1}), iako su značajno povećali herbicidni učinak, nisu „pomogli“ u postizanju zadovoljavajućeg učinka (minimalno 70%).

Kad se analiziraju rezultati dvostruko veće doze od prethodne, odnosno **¼ doze (16,5 g d.t. ha^{-1})** propisane doze (66 g d.t. ha^{-1}), učinci su znatno bolji. Tako je četvrtina doze uz dodatak adjuvanta AMS izazvala oštećenje 91,7% nadzemne mase biljaka mračnjaka, dok je ista doza bez adjuvanata postigla konačni učinak od samo 31,7%. Zadovoljavajući učinak postigla je doza topramezona od 16,5 g d.t. ha^{-1} u kombinaciji sa sljedećim adjuvantima: COC+UAN (73,3%), COC+AMS (80%), MSO+UAN (80%), MSO+AMS (80%), NIS+UAN (70%) i AMS (91,7%). Učinci svih ostalih tretmana su bili ispod zadovoljavajućeg nivoa.

Kad je u istraživanju primijenjeno **½ preporučene doze (33 g d.t. ha^{-1})** u kombinaciji s istraživanim adjuvantima (i kombinacijama adjuvanata) konačni herbicidni učinci istih tretmana na mračnjak nisu znatno bolji od učinka s ¼ preporučene doze (16,5 g d.t. ha^{-1}) uz pomoć adjuvanata. Razlika u odnosu na prethodno spomenute rezultate ogleda se u boljem učinku na tretmanu gdje je herbicid primijenjen sam (bez adjuvanta). Međutim, taj učinak

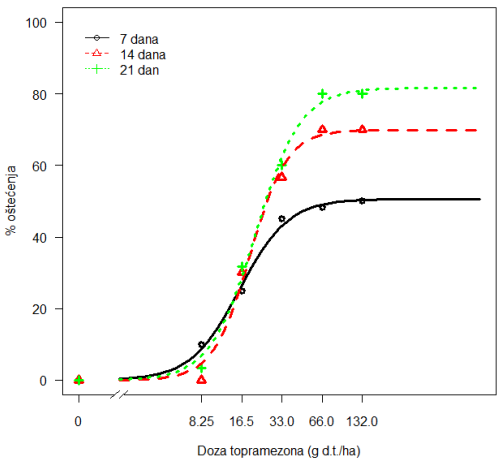
(60%) nije zadovoljavajući. Bolji učinak (76,7%) povećane doze herbicida ostvaren je kad je herbicidu dodan adjuvant UAN, što nije bio slučaj kad je UAN primijenjen s nižom dozom topramezona. Zapravo učinkom polovične doze herbicida nisu zadovoljili samo tretmani gdje su ovoj dozi herbicida dodani COC (41,7%), MSO (56,7%) i NIS (60%) adjuvant. Prema prikazanim rezultatima u tablici 17, zaključno se za primjenu polovične doze herbicida topramezona i dodavane adjuvante u suzbijanju korovne vrste europskog mračnjaka, može reći da se primjenom ove doze (33 g d.t. ha^{-1}) i odgovarajućeg adjuvanta može uspješno suzbiti ova nepoželjna vrsta u usjevu kukuruza. Naime, dodavani adjuvanti su herbicidu povećali učinak za od 10 (COC+UAN) do 33,3 (AMS) postotaka, čime je potvrđena hipoteza da adjuvanti svojim funkcijama povećavaju učinak reduciranim dozama herbicida. Uvijek kada je u kombinaciji adjuvanata bilo dušično gnojivo, rezultati učinka na mračnjak navedene doze topramezona su bili zadovoljavajući.

Od kemijske industrije **preporučena doza herbicida** topramezona u ovom istraživanju (**66 g d.t. ha^{-1}**) primijenjena bez adjuvanata, reducirala (oštetila) je nadzemnu masu mračnjaka za 80%. Zanimljivo je uočiti da su ovaj učinak povećali samo tretmani gdje je preporučenoj dozi dodan COC+AMS (za 5%), MSO+UAN (za 11,7%) i AMS (za 16,7 %). Ostali dodavani adjuvanti ovoj dozi su po učinku bili na nivou učinka herbicida bez adjuvanata.

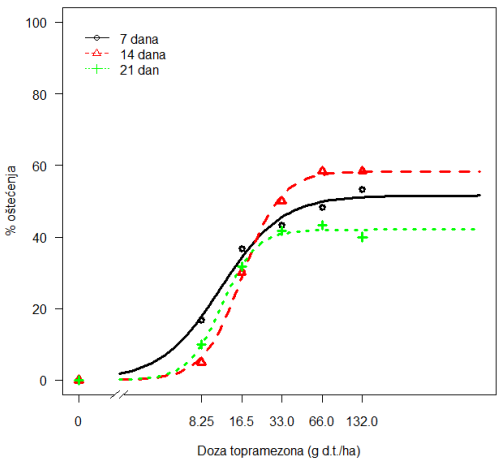
Što se tiče **dvostruko veće doze (132 g d.t. ha^{-1})** od preporučene primijenjene bez adjuvanata učinak na mračnjak bio je izjednačen s učinkom dvostruko manje količine herbicida (66 g d.t. ha^{-1}). Isto vrijedi i za većinu tretmana gdje su herbicidu dodavani adjuvanti. Samo su tretmani s MSO+UAN-om, MSO+AMS-om, NIS+UAN-om i NIS+AMS-om postigli bolji učinak od dvostruke doze primijenjene bez adjuvanata, ali i bolji učinak u odnosu na primjenu s preporučenom dozom topramezona.

Kod utvrđivanja učinka istraživanih tretmana metodom subjektivne vizualne ocjene oštećenja nadzemne mase biljaka mračnjaka iz prikazanih rezultata je vidljivo da adjuvanti COC i MSO ni s jednom istraživanom dozom topramezona nisu postigli zadovoljavajuće učinke na mračnjak. Međutim, treba konstatirati da su učinci herbicida u kombinaciji s ova dva adjuvanta signifikantno bolji od učinaka kad su iste doze primijenjene bez adjuvanata, ali samo kod nižih primijenjenih dozacija (8,25 i 16,5 g d.t. ha^{-1}).

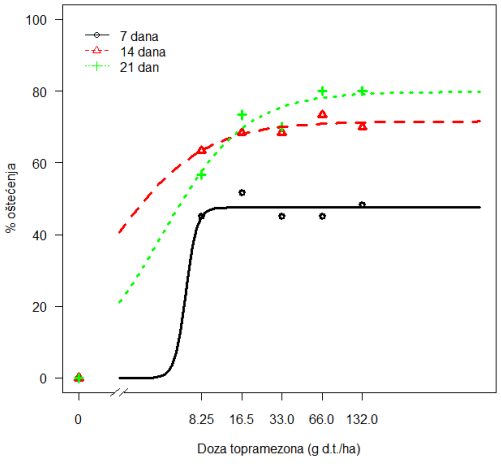
Grafikonima (od 9 do 20) u nastavku teksta cilj je prikazati trendove osjetljivosti europskog mračnjaka u odnosu na istraživane doze topramezona, dodavane adjuvante i u odnosu na vrijeme ocjenjivanja.



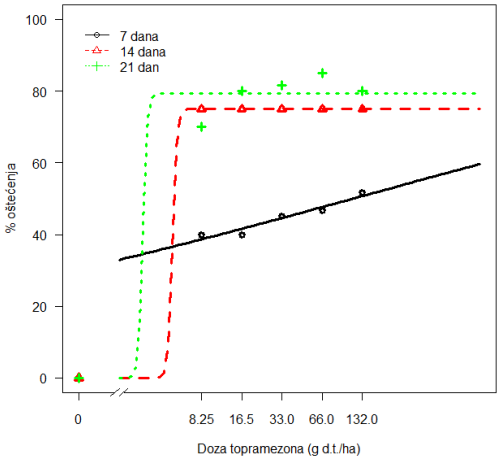
Grafikon 9. *Učinak topramezona bez adjuvanata na europski mračnjak*



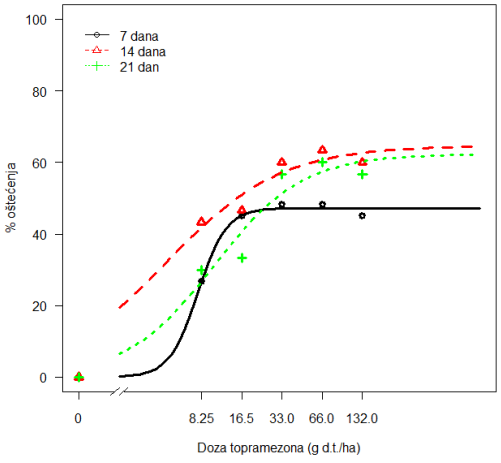
Grafikon 10. *Učinak kombinacije topramezon + COC na europski mračnjak*



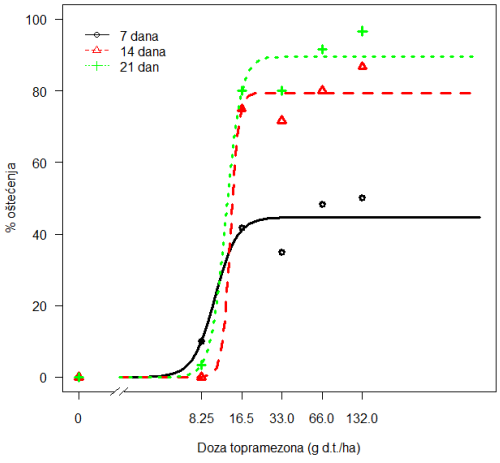
Grafikon 11. *Učinak kombinacije topramezon + COC + UAN na europski mračnjak*



Grafikon 12. *Učinak kombinacije topramezon + COC + AMS na europski mračnjak*



Grafikon 13. *Učinak kombinacije topramezon + MSO na europski mračnjak*



Grafikon 14. *Učinak kombinacije topramezon + MSO + UAN na europski mračnjak*

Na osnovi podataka navedenih u tablici 17 izvedene su krivulje osjetljivosti mračnjaka na kombinacije različitih doza topramezona i adjuvanata. Krivulje su izvedene na osnovi triju parametara s obzirom da je učinak pri dozi topramezona 0 g d.t. ha^{-1} za sve istraživane kombinacije bio 0%.

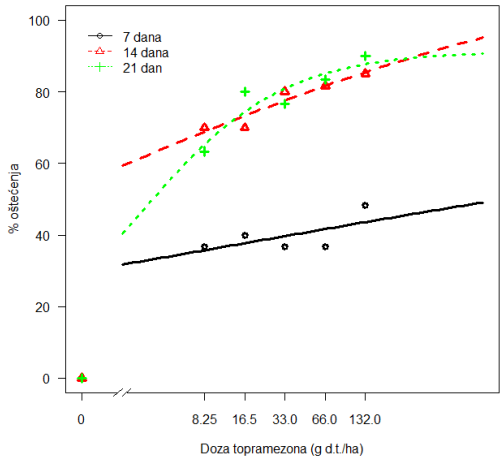
Kao što je vidljivo iz grafikona 9, osjetljivost mračnjaka povećavala se s dozom topramezona i vremenskim periodom nakon tretiranja. Tako je tri tjedna nakon tretiranja procijenjena maksimalna vrijednost učinka od 81,6%. Vidljivo je da se porastom doze topramezona s preporučene na dvostruko veću ne poboljšava učinak na mračnjak.

U grafikonu 10 prikazana je osjetljivost mračnjaka na kombinaciju topramezon+COC. Tjedan dana nakon tretiranja procijenjen je maksimalan učinak oko 52,0%. Nakon drugoga tjedna učinak raste do 60%, da bi nakon tjedan dana (treća ocjena) došlo do regeneracije, odnosno bio procijenjen maksimalan učinak na mračnjak od 42,1%.

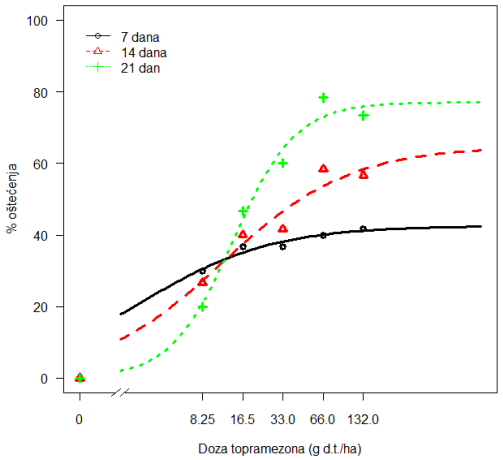
Značajno je bolja osjetljivost mračnjaka na kombinacije topramezon+COC+dušična gnojiva (grafikoni 11 i 12). Učinak kombinacije topramezon+COC+UAN na mračnjak bolji je povećanjem doze topramezona i u duljem vremenskom periodu (grafikon 11). Iz krivulje koja označava sedam dana nakon tretiranja vidljivo je da nema signifikantne razlike u učinku različitih doza. Nakon 14 dana učinak je na mračnjak značajno poboljšan, ali nema signifikantne razlike u učinku između preporučene i dvostruke doze topramezona. Tri tjedna nakon tretiranja učinak na mračnjak još je bolji, a procijenjena maksimalna vrijednost je 79,8%.

Grafikon 12 prikazuje osjetljivost mračnjaka o kombinaciji topramezon+COC+AMS. Nakon tjedan dana, s povećanjem doze topramezona, vidljivo je gotovo linearno povećanje učinka na mračnjak. Krivulje formirane 14 i 21 dan nakon tretiranja gotovo su paralelne te se bilježi maksimalna procijenjena vrijednost učinka na mračnjak od 75,0% kod ocjenjivanja 14 dana nakon tretiranja i 79,3% za ocjenjivanje 21 dan nakon tretiranja. Kod krivulje koja označava 14 dana tretiranja vidljivo je da su nakon ocjenjivanja sve primijenjene doze topramezona postigle učinak od 75,0%.

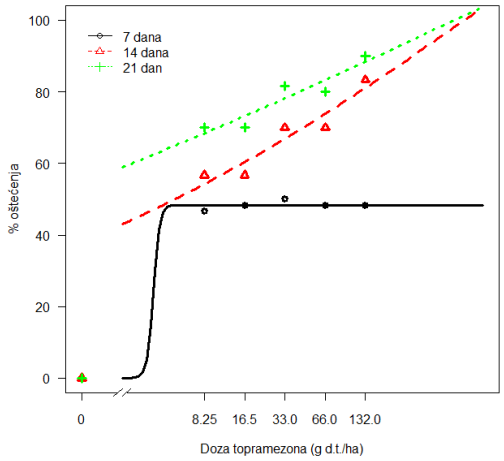
Primjenom kombinacije topramezon+MSO (grafikon 13) najslabiji učinak na mračnjak utvrđen je sedam dana nakon tretiranja, a najbolji 14 dana nakon tretiranja. Time se dolazi do zaključka da je došlo do blage regeneracije mračnjaka. Tome u prilog ide i procijenjena maksimalan učinak na mračnjak koji za krivulju 14 dana iznosi 64,7%, a za krivulju 21 dan - 62,3%.



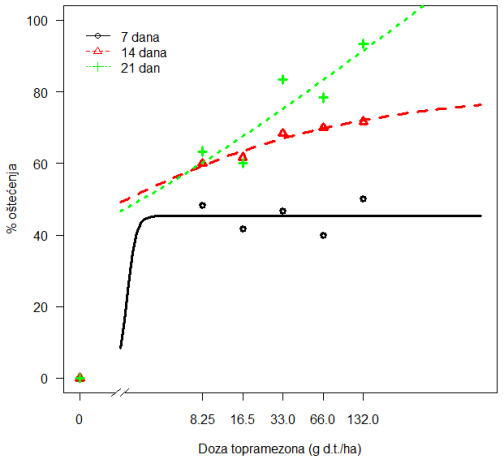
Grafikon 15. *Učinak kombinacije topramezon + MSO + AMS na europski mračnjak*



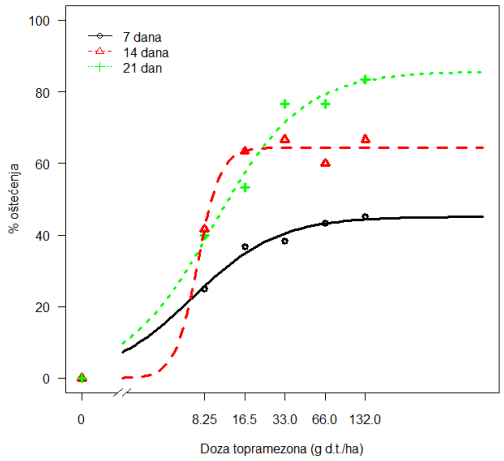
Grafikon 16. *Učinak kombinacije topramezon + NIS na europski mračnjak*



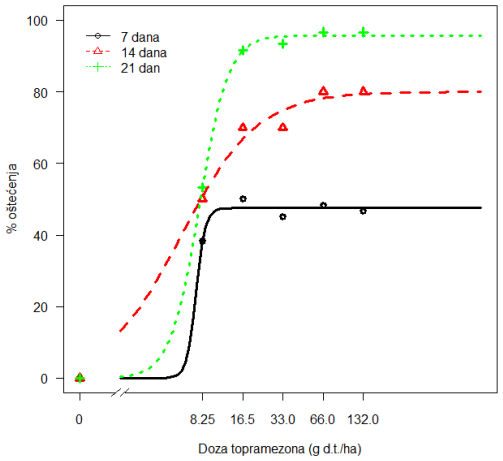
Grafikon 17. *Učinak kombinacija topramezon + NIS + UAN na europski mračnjak*



Grafikon 18. *Učinak kombinacija topramezon + NIS + AMS na europski mračnjak*



Grafikon 19. *Učinak kombinacije topramezon + UAN na europski mračnjak*



Grafikon 20. *Učinak kombinacije topramezon + AMS na europski mračnjak*

Kako je odmicalo vrijeme ocjenjivanja (grafikon 14), učinak kombinacije topramezon+MSO+UAN na mračnjak bio je značajno veći. Maksimalna procijenjena vrijednost redukcije za krivulju 14 dana iznosi 79,5%, a za krivulju 21 dan 89,5%. Iz grafikona 15 razvidno je i smanjenje učinka na mračnjak pri najnižoj primijenjenoj dozi topramezona, također sukladno protoku vremena.

Učinak kombinacije topramezon+MSO+AMS na mračnjak prikazan je u grafikonu 16. Iz grafikona je vidljivo da je učinak 7, 14 i 21 dan nakon tretiranja povećavan kako je i doza topramezona povećavana. Nije zabilježena signifikantna razlika u učinku 14 i 21 dan nakon tretiranja. Procijenjena maksimalna vrijednost krivulje za 21 dan je 91,3%.

Kod kombinacije topramezon+NIS vidljiv je blaži kut krivulja (grafikon 16) u odnosu na one kojima je dodano dušično gnojivo. Tako je i maksimalna procijenjena vrijednost za krivulju sedam dana nakon tretiranja 42,6%, za 14 dana 64,7%, dok je za 21 dan 77,0%. Također je vidljivo da je pri dozi topramezona od 8,25 g d.t. ha^{-1} došlo do blage regeneracije mračnjaka i da su tek od doze 33 g d.t. ha^{-1} vidljive značajne razlike između tretmana. Učinak veće doze od 66 g d.t. ha^{-1} na mračnjak nije bio puno bolji.

Sedam dana nakon tretiranja kombinacija topramezon+NIS+UAN pokazala je gotovo linearnu krivulju vrijednosti koje su iznosile između 45,0 i 50,0%. Dva i tri tjedna nakon tretiranja utvrđen je linearan porast učinka na mračnjak (grafikon 17).

Situacija slična onoj u prethodnome grafu utvrđena je i za kombinaciju topramezon+NIS+AMS (grafikon 18). Krivulja 14 dana nakon tretiranja ima maksimalnu vrijednost 79,7%, dok krivulja 21 dan nakon tretiranja ima maksimalnu vrijednost 189,5% i zbog toga okomit linearan rast.

Kod primjene kombinacije topramezon+UAN 7 i 21 dan nakon tretiranja vidljiv je porast učinka na mračnjak s porastom doze topramezona. Dva tjedna nakon tretiranja utvrđen je rast do doze topramezona od 16,5 g d.t. ha^{-1}. Nakon te doze, krivulja postaje gotovo linearna i ima maksimalnu vrijednost 64,4%. Maksimalna vrijednost krivulje 21 dan je 85,7%.

Kod kombinacije topramezon+AMS (grafikon 20) vidljivo je značajno povećanje učinka na mračnjak, proporcionalno vremenskome odmaku. Također, sve su tri krivulje značajno okomite čime se dolazi do spoznaje da je mračnjak osjetljiv na istraživanu kombinaciju. Maksimalna moguća vrijednost za krivulju 14 dana iznosi 80%, a za krivulju 21 dan 95,7%. Zbog toga se, s aspekta subjektivne ocjene, za reduciranje mračnjaka kombinacija topramezon+AMS može smatrati najboljom kombinacijom od svih istraživanih.

4.2.1.2. Učinak na svježu masu europskog mračnjaka

Istraživanja učinka kombinacija različitih doza topramezona i adjuvanata na mračnjak, osim vizualnom ocjenom oštećenja mračnjaka, utvrđivan je i kroz redukciju masu svježe nadzemne mase u odnosu na nadzemnu masu netretiranih biljaka.

Tablica 18. *Analiza varijance za svježu masu europskog mračnjaka u kontroliranim uvjetima*

Izvor varijabilnosti	**n-1**	**SS**	**s^2**	**Fexp**	**F-test**
Doza	5	1036,16	207,23	317,98	**
Adjuvant	11	37,49	3,41	5,23	**
Doza × adjuvant	55	112,27	2,04	3,13	**
Greška	144	93,85	0,65		
Ukupno	215	1279,77			

** - signifikantno ($p \leq 0,01$)

Kao što je vidljivo iz tablice 18, utvrđena je visoka signifikantnost kod mase svježe nadzemne mase mračnjaka za dozu topramezona, adjuvanate i interakciju doza x adjuvant. Prosječne vrijednosti mase svježe mase mračnjaka prikazane su u tablici 19.

Tablica 19. *Srednje vrijednosti mase svježe mase europskog mračnjaka ovisno o dozama topramezona i adjuvantima u kontroliranim uvjetima*

Adjuvant	**Topramezon (g d.t. ha^{-1})**						$\overline{X}$ **Adjuvant**
	0	**8,25**	**16,5**	**33,0**	**66,0**	**132,0**	
Bez adjuvanta	5,69	4,88	2,99	1,34	0,80	1,0	2,78
COC	5,64	4,93	2,01	2,05	0,99	1,55	2,86
COC + UAN	7,24	0,86	0,63	0,62	0,84	0,91	1,85
COC + AMS	6,56	0,99	0,60	0,84	0,75	0,72	1,74
MSO	7,11	2,25	1,90	0,92	1,10	1,62	2,49
MSO + UAN	7,55	5,18	0,76	1,09	0,48	0,36	2,57
MSO + AMS	7,96	0,98	0,70	0,91	0,69	0,57	1,97
NIS	7,24	3,16	1,61	1,39	0,70	0,86	2,50
NIS + UAN	7,49	0,69	0,75	0,59	0,86	0,37	1,79
NIS + AMS	6,82	0,97	1,17	0,80	0,78	0,42	1,83
UAN	7,03	2,04	0,99	0,46	0,77	0,86	1,03
AMS	6,71	1,36	0,48	0,45	0,55	0,44	1,66
$\overline{X}$ Doza	6,92	2,36	1,22	0,96	0,78	0,81	
$LSD_{0,05}$ Doza	0,38						
$LSD_{0,05}$ Adjuvant	0,53						
$LSD_{0,05}$ Doza × Adjuvant	1,30						

Iz prikazanih podataka je vidljivo da je utvrđena signifikantna razlika između masa svježe mase mračnjaka čak i između tretmana na kojima nije primijenjen herbicid (doza topramezona 0 g d.t. ha^{-1}). Budući da na tretmanima na kojima nije primijenjen herbicid vizualnim ocjenama nije zabilježen fitotoksični učinak adjuvanata, može se zaključiti da su navedene razlike u masi svježe mase mračnjaka nastale zbog morfoloških razlika između biotipova unutar populacije mračnjaka. Međutim, to nije bilo predmetom istraživanja. Prosječna masa svježe mase mračnjaka svih istraživanih adjuvanata gdje nije primijenjen herbicid bila je 6,92 g, a varirala je od 5,64 g na tretmanu (COC) do 7,96 g (MSO+AMS). Nadzemna masa mračnjaka gdje nije primijenjen ni herbicid ni adjuvant iznosila je 5,69 g. Kod primijenjene doze topramezona od 8,25 g d.t. ha^{-1} prosječna utvrđena masa svježe mase mračnjaka bila je 2,36 g. Najveća je utvrđena masa bila 5,18 g na tretmanu gdje je ovoj dozi dodan MSO+UAN. Najniža masa bila je 0,69 g kod kombinacije iste doze s NIS+UAN.

Istraživana doza od 16,5 g d.t. ha^{-1} izazvala je prosječnu masu svježe mase mračnjaka 1,22 g. Najveća utvrđena masa od 2,99 g kod ove doze topramezona utvrđena je kad je primijenjen bez adjuvanata, a najniža (0,48 g) kad je primijenjen s AMS-om.

Prosječna masa svježe mase mračnjaka tretirana topramezonom u dozi 33 g d.t. ha^{-1} padala je u odnosu na niže doze i iznosila je 0,96 g. Najveća masa svježe mase mračnjaka kod kombinacije polovične doze topramezona od 2,05 g utvrđena je kod tretmana gdje je herbicidu dodan COC, a najniža na tretmanima gdje su dodani UAN i AMS (0,46 i 0,45 g).

Kod preporučene doze topramezona (66 g d.t. ha^{-1}) prosječna utvrđena masa svježe mase mračnjaka bila je 0,78 g. Najveća utvrđena masa svježe mase mračnjaka kod ove doze topramezona od 1,10 g utvrđena je kad joj je dodan adjuvant MSO, a najmanja (0,48 g) kad je ovoj dozi dodan MSO+UAN.

Na tretmanima gdje je primijenjena dvostruko veća doza topramezona od preporučene (132 g d.t. ha^{-1}) utvrđena je prosječna masa svježe mase mračnjaka podjednaka prosječnoj masi mračnjaka gdje je primijenjena upola manja količina herbicida. Iznosila je 0,81 g. Najveća masa 1,55 g zabilježena je kad je dodan adjuvant COC, dok je najmanja masa utvrđena kad je dodan MSO+UAN (0,36 g).

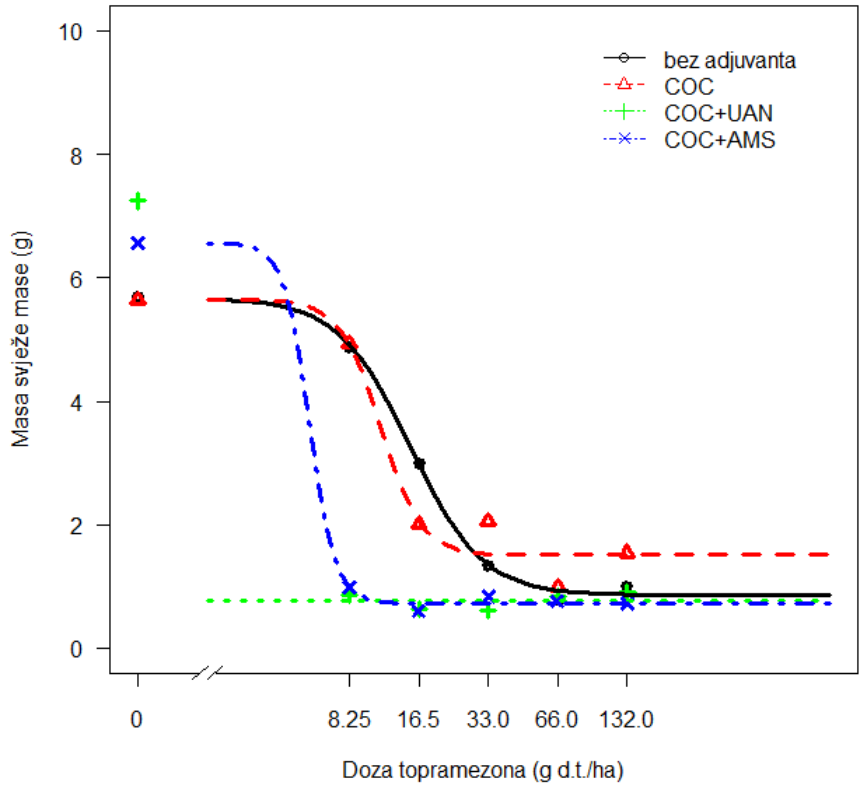
Najniža masa svježe mase mračnjaka neovisno o dozi topramezona utvrđena je kod primjene dušičnih gnojiva UAN-a i AMS-a (1,03 i 1,66 g), dok je najveća masa utvrđena kad herbicidu nije dodan adjuvant (2,78 g), te kad su dodavani COC (2,86 g), MSO + UAN (2,57 g), NIS (2,50 g) i MSO (2,49 g).

Prosječna masa tretmana gdje je primijenjena najniža doza herbicida u odnosu na masu gdje nije primijenjen herbicid reducirana je za 65,9%, kod ¼ preporučene doze

topramezona za 82,4%, a kod polovične doze za 86,1%. Kod pune i dvostruko veće doze redukcija nije značajno porasla i iznosila je 88,7, odnosno 88,3%.

Grafikoni od 21 do 24 prikazuju osjetljivost europskog mračnjaka na istraživane tretmane u odnosu na dozu topramezona i u odnosu na dodavane adjuvante u škropivo. Kako je u poglavlju Materijali i metode navedeno, istraživani su adjuvanti iz tri skupine: COC (*Crop oil concentrate*), MSO (*Methilated sulfonated oil*), NIS (*Non ionic surfactant*) i dušična gnojiva kao adjuvanti (UAN i AMS). Stoga su grafikoni prikazani prema navedenom.

Na osnovu krivulja (modela osjetljivosti) u grafikonima od 21 do 24 izračunata je GR_{90} vrijednost, odnosno određena je doza topramezona koja je u kombinaciji s adjuvantima potrebna za redukciju 90% mase svježe nadzemne mase mračnjaka.



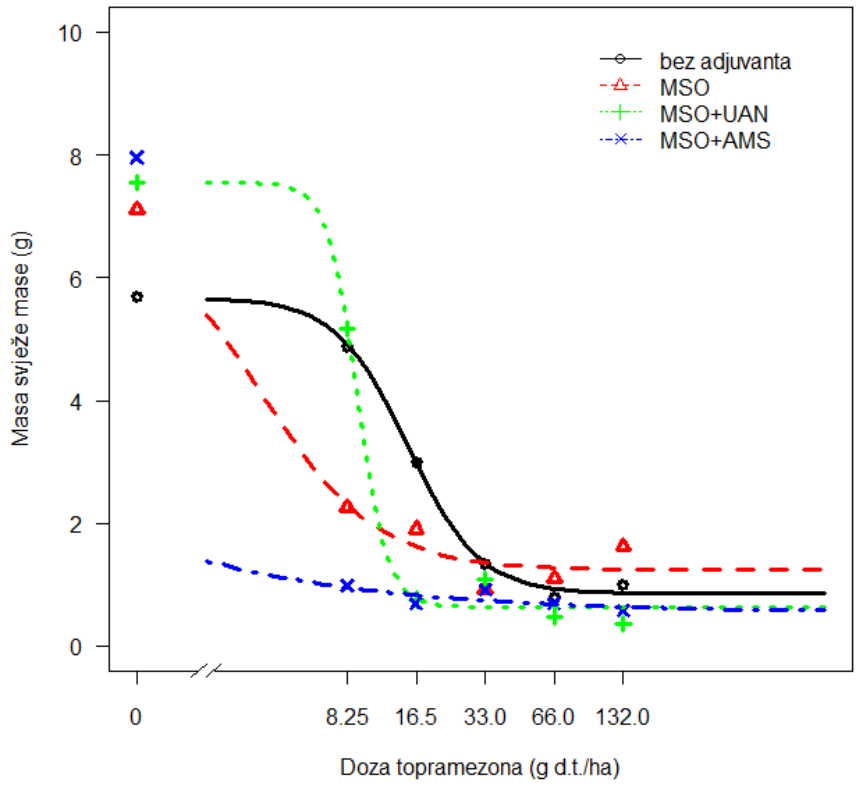
Grafikon 21. *Redukcija mase svježe mase europskog mračnjaka u odnosu na dozu topramezona i adjuvante COC, COC + UAN i COC + AMS*

Grafikon 21 prikazuje *model osjetljivosti* europskog mračnjaka izražen kroz redukciju svježe mase na doze topramezona bez adjuvanata i u kombinaciji s COC-om i dušičnim gnojivima.

Na osnovi prikazanih krivulja modelirane su i GR_{90} vrijednosti istraživanih tretmana. Prema preklapanju krivulja koje označavaju herbicid kad mu je dodana kombinacija adjuvanata COC+UAN i COC+AMS vidljivo je da obje kombinacije imaju podjednak učinak, odnosno podjednaku pomoć pružaju istraživanim dozama topramezona. Također je vidljivo da COC sam, bez dodatka UAN-a ili AMS-a ne utječe značajno na učinak herbicida. Tek je kod doze od 16,5 g d.t. ha^{-1} vidljiv bolji herbicidni učinak. Dodatak dušičnih gnojiva COC adjuvantu znatno doprinosi redukciji nadzemne mase mračnjaka kod svih reduciranih doza, dok kod preporučene i dvostruko veće doze (66 i 132 g d.t. ha^{-1}) poboljšanje učinka nije vidljivo, odnosno učinak je izjednačen.

Na osnovi krivulja (grafikon 21) izračunata je GR_{90} vrijednost. Tako GR_{90} vrijednost za topramezon bez adjuvanata iznosi 33,28 g, COC 17,61 g, COC+UAN 6,89 g te COC+AMS 7,29 g d.t. ha^{-1} topramezona.

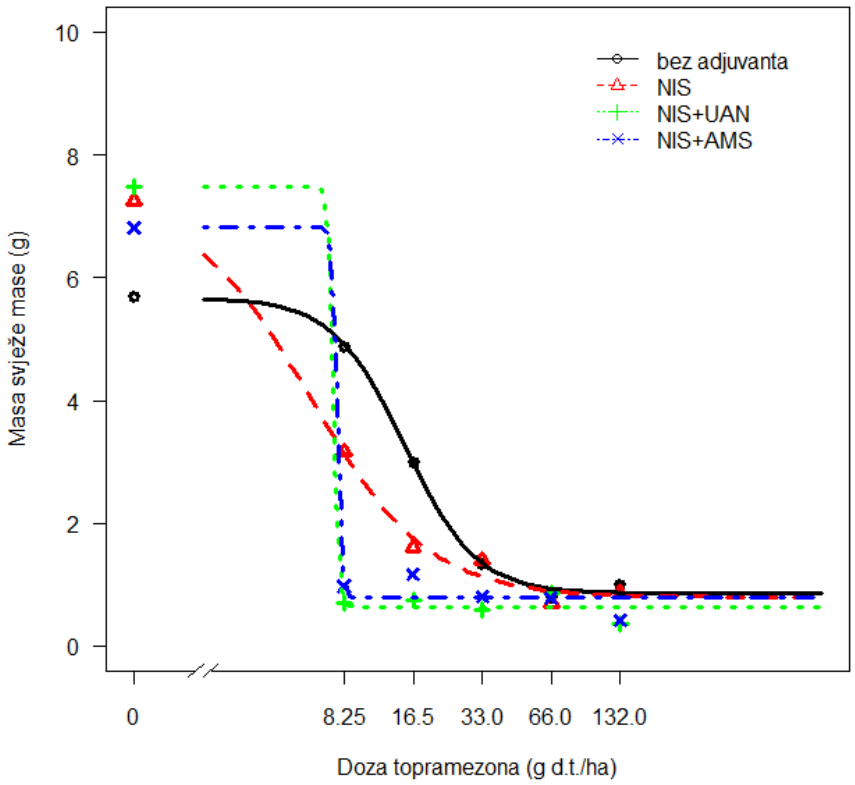
Osjetljivost mase svježe mase mračnjaka na istraživane doze topramezona bez adjuvanata i sa adjuvantima MSO, MSO+UAN i MSO+AMS prikazana je krivuljama u grafikonu 22.



Grafikon 22. *Redukcija mase svježe mase europskog mračnjaka u odnosu na dozu topramezona i adjuvante MSO, MSO + UAN i MSO + AMS*

Kad su s istim adjuvantom (MSO) primijenjene više dozacije herbicida, učinak na redukciju svježe nadzemne mase je rastao kod 16,5 g d.t. ha^{-1} na 72,5%, kod 33 g d.t. ha^{-1} na 86,7%, dok je kod preporučene doze s ovim adjuvantom učinak bio podjednak (84,1%) kao i s polovičnim dozama herbicida. Kad je adjuvant MSO kombiniran s dušičnim gnojivom AMS uz istraživane doze topramezona, utvrđen je značajno bolji učinak na redukciju svježe mase biljaka mračnjaka. Tako je ova kombinacija adjuvanata već i s najnižom dozom topramezona (8,25 g d.t. ha^{-1}) na redukciju nadzemne mase postigla 85,8%. Učinak ove kombinacije adjuvanata (MSO+AMS) s dvostruko većom dozom od prethodne (16,5 g d.t. ha^{-1}, odnosno ¼ preporučene doze) bio je povećan na 89,9%. Iz trenda kretanja krivulje vidljivo je da daljnje povećanje doze herbicida nije utjecalo na povećanje redukcije svježe mase mračnjaka. Kad je istraživanim dozacijama topramezona uz adjuvant MSO dodavan UAN, kod najniže istraživane doze herbicida (8,25 g d.t. ha^{-1}) vidljivo je da ova kombinacija adjuvanata nije postigla dobar učinak na redukciju mase, iznosio je samo 25% u odnosu na prosječnu masu svih herbicidom netretiranih biljaka mračnjaka. Međutim, već kod ¼ preporučene doze (16,5 g d.t. ha^{-1}) redukcija mase mračnjaka iznosila je 89%. Ovo je potvrđeno i modeliranim krivuljama na osnovu kojih je određena i GR_{90} doza topramezona. Procijenjene GR_{90} vrijednosti su 12,37 g za MSO, 12,68 g za MSO+UAN i 2,47 g d.t. ha^{-1} topramezona za MSO+AMS.

Treći istraživani adjuvant iz skupine NIS i s dušičnim gnojivima kao pomoćnim sredstvima herbicidu topramezonu u usporedbi s tretmanima gdje nije dodavan adjuvant prikazan je u grafikonu 23.

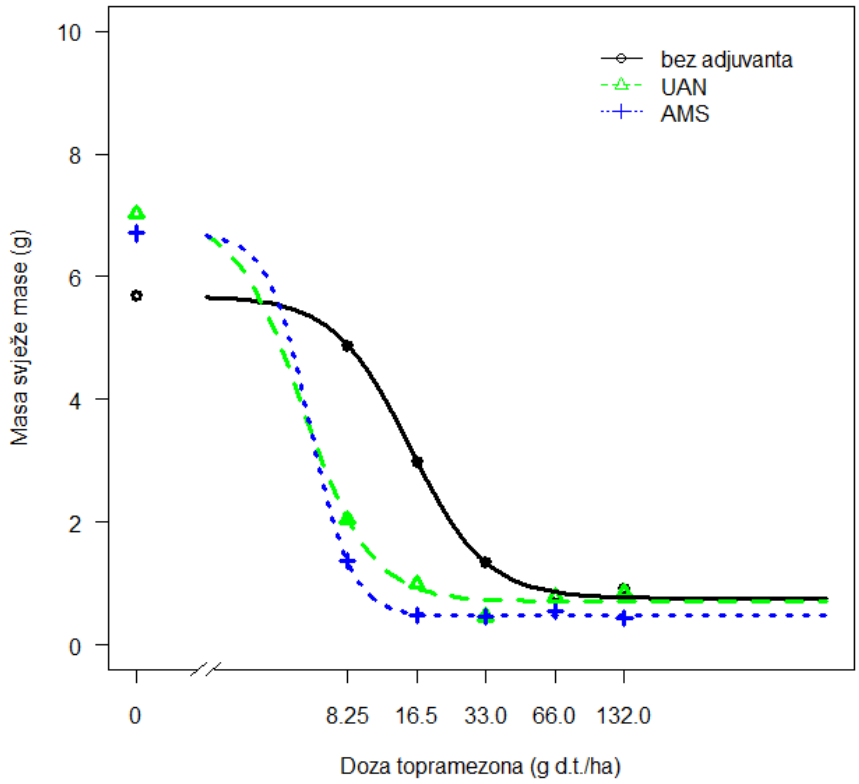


Grafikon 23. *Redukcija mase svježe mase europskog mračnjaka u odnosu na dozu topramezona i adjuvante NIS, NIS + UAN i NIS +AMS*

Iz trendova kretanja krivulja u grafikonu i podataka u tablici 18 vidljivo je kao i na prethodnim grafikonima da je za redukciju od oko 80% nadzemne mase mračnjaka potrebno minimalno 33 g d.t. ha^{-1} topramezona kad je primijenjen bez adjuvanata. Kad se najnižoj dozi topramezona doda NIS adjuvant, redukcija mase iznosi oko 54%, dok ista doza bez adjuvanta reducira masu mračnjaka samo za 29%. Povećanjem doze na 16,5 g d.t. ha^{-1} uz adjuvant NIS učinak je povećan na 78%, odnosno za 20 postotaka više nego kad je ista doza herbicida primijenjena bez adjuvanata. Kad je adjuvant NIS kombiniran s dušičnim gnojivima (i UAN-om i AMS-om) već je i najniža istraživana doza herbicida (8,25 g d.t. ha^{-1}) reducirala masu mračnjaka za 90% (NIS+UAN), odnosno 86% (NIS+AMS). Iz trenda kretanja krivulje, vidljivo je da daljnje povećanje doze herbicida uz primjenu kombinacije NIS-a i dušičnih gnojiva nije značajno utjecalo na povećanje redukcije nadzemne mase europskog mračnjaka.

Prema modelu izračuna osjetljivosti procijenjene GR_{90} vrijednosti za NIS su 21,46 g, dok su za kombinacije NIS-a sa dušičnim gnojivima gotovo trostruko niže te iznose 7,71 g za NIS+UAN i 8,04 g d.t. ha^{-1} topramezona za NIS+AMS.

U istraživanju su kao adjuvanti, osim u kombinaciji s adjuvantima COC, MSO i NIS, dušična gnojiva korištena i zasebno što je i prikazano u grafikonu 24.



Grafikon 24. *Redukcija mase svježe mase europskog mračnjaka u odnosu na dozu topramezona i adjuvante UAN i AMS*

Iz kretanja krivulja u grafikonu je vidljivo da su dušična gnojiva iskazala pozitivan utjecaj kao pomoćno sredstvo istraživanim, osobito nižim dozama herbicida. AMS je u tom smislu iskazao bolji učinak. Tako je redukcija nadzemne mase mračnjaka u kombinaciji s najnižom dozom herbicida i AMS iznosila 80,3%, a u kombinaciji s UAN-om 70,5% u odnosu na prosječnu masu netretiranih biljaka mračnjaka. Povećanjem doze herbicida na 16,5 g d.t. ha^{-1} učinak s AMS-om je porastao na 93%, a s UAN-om na 85,7%. Učinak najniže doze (1/8 od propisane) topramezona s AMS-om jednak je učinku od 33 g d.t. ha^{-1} herbicida bez adjuvanata.

Prema modelu izračuna osjetljivosti procijenjene GR_{90} vrijednosti su 11,14 g za kombinaciju s UAN-om i 8,96 g d.t. ha^{-1} topramezona u kombinaciji s AMS-om.

4.2.1.3. Učinak na masu suhe tvari europskog mračnjaka

Jedan od parametara kojima su utvrđivani učinci tretmana u ovom istraživanju je bio utvrđivanje učinka na redukciju mase suhe tvari europskog mračnjaka.

U tablici 20 prikazana je statistička obrada utvrđenih vrijednosti mase suhe tvari u odnosu na dozu herbicida i u odnosu na korištene adjuvante i kombinacije adjuvanata na temelju čega je izračunata interakcija doza x adjuvant.

Tablica 20. *Analiza varijance za masu suhe tvari europskog mračnjaka u kontroliranim uvjetima*

Izvor varijabilnosti	**n-1**	**SS**	**s^2**	**Fexp**	**F-test**
Doza	5	40,59	8,12	224,21	**
Adjuvant	11	0,94	0,09	2,37	*
Doza × Adjuvant	55	4,27	0,08	2,15	**
Greška	144	5,21	0,04		
Ukupno	215	51,02			

* - signifikantno ($p \leq 0,05$), ** - signifikantno ($p \leq 0,01$)

U tablici 20 razvidna je utvrđena signifikantna razlika za masu suhe tvari mračnjaka između doza topramezona, adjuvanata i interakcija adjuvant x doza topramezona. Prosječne vrijednosti mase suhe tvari prikazane su u tablici 21.

Tablica 21. *Srednje vrijednosti mase suhe tvari europskog mračnjaka ovisno o dozama topramezona i adjuvantima u kontroliranim uvjetima*

Adjuvant	**Topramezon (g d.t. ha^{-1})**						$\overline{X}$ **Adjuvant**
	0	**8,25**	**16,5**	**33,0**	**66,0**	**132,0**	
Bez adjuvanata	1,13	0,95	0,52	0,21	0,12	0,16	0,52
COC	1,16	0,88	0,29	0,30	0,15	0,25	0,50
COC + UAN	1,41	0,18	0,10	0,14	0,22	0,18	0,37
COC + AMS	1,14	0,15	0,12	0,16	0,13	0,20	0,32
MSO	1,42	0,34	0,26	0,16	0,18	0,24	0,43
MSO + UAN	1,51	0,97	0,13	0,18	0,13	0,13	0,51
MSO + AMS	1,63	0,15	0,14	0,16	0,12	0,21	0,40
NIS	1,34	0,41	0,23	0,21	0,17	0,14	0,42
NIS + UAN	1,55	0,14	0,14	0,14	0,14	0,12	0,37
NIS + AMS	1,30	0,18	0,19	0,14	0,15	0,13	0,35
UAN	1,28	0,29	0,17	0,09	0,15	0,14	0,35
AMS	1,42	0,18	0,12	0,12	0,14	0,13	0,35
$\overline{X}$ Doza	1,36	0,40	0,20	0,17	0,15	0,17	
$LSD_{0,05}$ Doza	0,089						
$LSD_{0,05}$ Adjuvant	0,125						
$LSD_{0,05}$ Doza × Adjuvant	0,307						

Iz prikazanih podataka je vidljivo da je utvrđena signifikantna razlika između masa suhe tvari mračnjaka čak i između tretmana na kojima nije primijenjen herbicid (doza topramezona 0 g d.t. ha^{-1}). Prosječna masa suhe tvari mračnjaka svih istraživanih adjuvanata gdje nije primijenjen herbicid bila je 1,36 g. Varirala je od 1,13 g kad je topramezon primijenjen bez adjuvanata do 1,63 g (kombinacija topramezona s MSO+AMS-om). Nadzemna masa suhe tvari mračnjaka gdje nije primijenjen ni herbicid ni adjuvant iznosila je 1,13 g.

Kod primijenjene doze topramezona od 8,25 g d.t. ha^{-1} prosječna utvrđena masa suhe tvari mračnjaka bila je 0,40 g. Najlošiji učinak, odnosno najveća masa suhe tvari mračnjaka utvrđena je na tretmanima kad topramezonu nije dodan adjuvant (0,95 g), te kad je primijenjen u kombinaciji s adjuvantima COC (0,88 g) i MSO+UAN (0,97 g). Svim ostalim tretmanima je utvrđena statistički opravdano najniža masa suhe tvari europskog mračnjaka, odnosno mase se nisu razlikovale.

Istraživana doza od 16,5 g d.t. ha^{-1} izazvala je prosječnu masu suhe tvari mračnjaka 0,20 g. Najveća utvrđena masa od 0,52 g kod ove doze topramezona utvrđena je kad je primijenjen bez adjuvanata, dok je za sve druge kombinacije topramezona u navedenoj dozi i adjuvanata utvrđena statistički opravdano najniža masa suhe tvari mračnjaka.

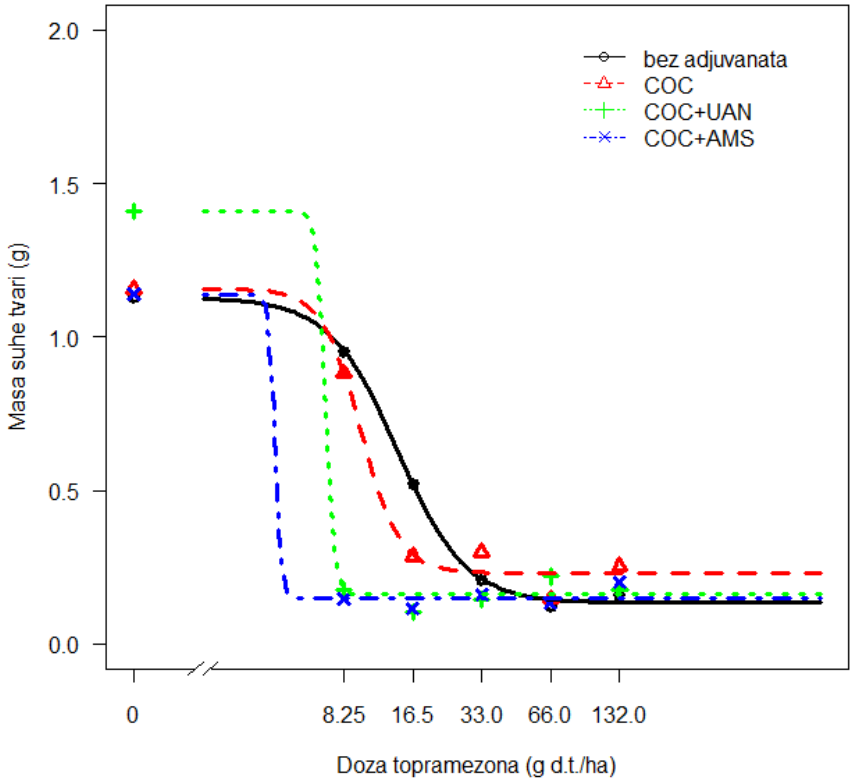
Prosječna masa suhe tvari mračnjaka tretirana topramezonom u polovičnoj, preporučenoj i dvostrukoj (33; 66 i 132 g d.t. ha^{-1}) dozi iznosila je 0,17; odnosno 0,15 i 0,17 g. Za mase suhe tvari europskog mračnjaka nije utvrđena statistički opravdana razlika između istraživanih kombinacija herbicida primijenjenog u prethodno navedenim dozama i adjuvanata.

Najveća prosječna masa suhe tvari mračnjaka doza topramezona utvrđena je na tretmanima kad topramezonu nije dodan adjuvant (0,52 g) te kad su dodavani adjuvanti COC (0,50 g), MSO (0,43 g), MSO+UAN (0,51 g), MSO+AMS (0,40 g) i NIS (0,42 g). Svim drugim istraživanim adjuvantima je utvrđena statistički opravdano najniža masa suhe tvari mračnjaka.

Prosječna masa na adjuvantima gdje je primijenjena najniža doza herbicida u odnosu na masu gdje nije primijenjen herbicid reducirana je za 70,6%, a kod ¼ preporučene doze topramezona za 85,3%. Kod polovične, pune i dvostruko veće doze redukcija nije značajno porasla i iznosila je 87,5; 89;0; odnosno 87,5%.

Grafikoni od 25 do 28 prikazuju osjetljivost suhe tvari europskog mračnjaka na istraživane tretmane u odnosu na dozu topramezona i u odnosu na dodavane adjuvante u škropivo.

Na osnovu krivulja (modela osjetljivosti) u grafikonima od 25 do 28 izračunata je GR_{90} vrijednost odnosno određena je doza topramezona koja je u kombinaciji s adjuvantima potrebna za redukciju 90% mase suhe tvari mračnjaka.



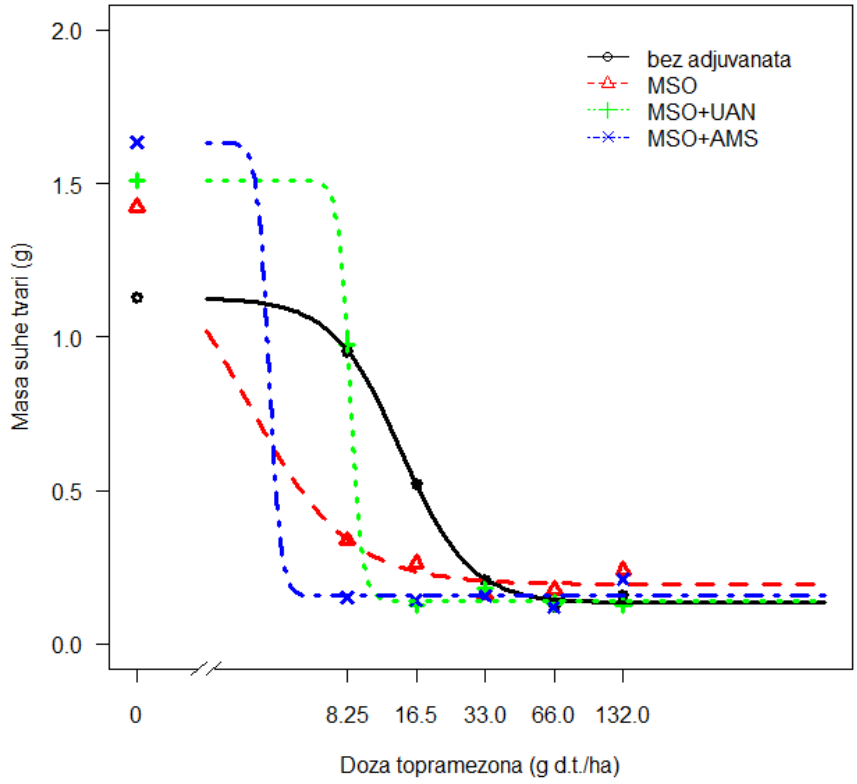
Grafikon 25. *Redukcija mase suhe tvari europskog mračnjaka u odnosu na dozu topramezona i adjuvante COC, COC + UAN i COC + AMS*

Grafikon 25 prikazuje *model osjetljivosti* suhe tvari europskog mračnjaka izražen kroz redukciju suhe tvari na doze topramezona bez adjuvanata i u kombinaciji s COC-om i dušičnim gnojivima.

Na osnovi prikazanih krivulja modelirane su i GR_{90} vrijednosti istraživanih tretmana. Prema preklapanju krivulja koje označavaju herbicid kad mu je dodana kombinacija adjuvanata COC+UAN i COC+AMS vidljivo je da obje kombinacije imaju podjednak učinak, odnosno podjednaku pomoć pružaju istraživanim dozama topramezona. Također je vidljivo da COC sam, bez dodatka UAN-a ili AMS-a ne utječe značajno na učinak herbicida. Tek je kod doze od 16,5 g d.t. ha^{-1} vidljiv bolji herbicidni učinak. Dodatak dušičnih gnojiva COC adjuvantu znatno doprinosi redukciji nadzemne mase mračnjaka kod svih reduciranih doza, dok kod preporučene i dvostruko veće doze (66 i 132 g d.t. ha^{-1}) poboljšanje učinka nije vidljivo, odnosno učinak je izjednačen.

Na osnovi krivulja (grafikon 21) izračunata je GR_{90} vrijednost. Tako GR_{90} vrijednost za topramezon bez adjuvanata iznosi 29,91 g d.t. ha^{-1} topramezona. Dodatkom COC-a topramezonu GR_{90} vrijednost dvostruko je manja i iznosi 15,01 g, dok je za kombinacije COC+UAN i COC+AMS vrijednost iznosila 7,52 g, odnosno 4,38 g d.t. ha^{-1} topramezona.

Osjetljivost mase suhe tvari mračnjaka na istraživane doze topramezona bez adjuvanata i sa adjuvantima MSO, MSO+UAN i MSO+AMS prikazana je krivuljama u grafikonu 26.



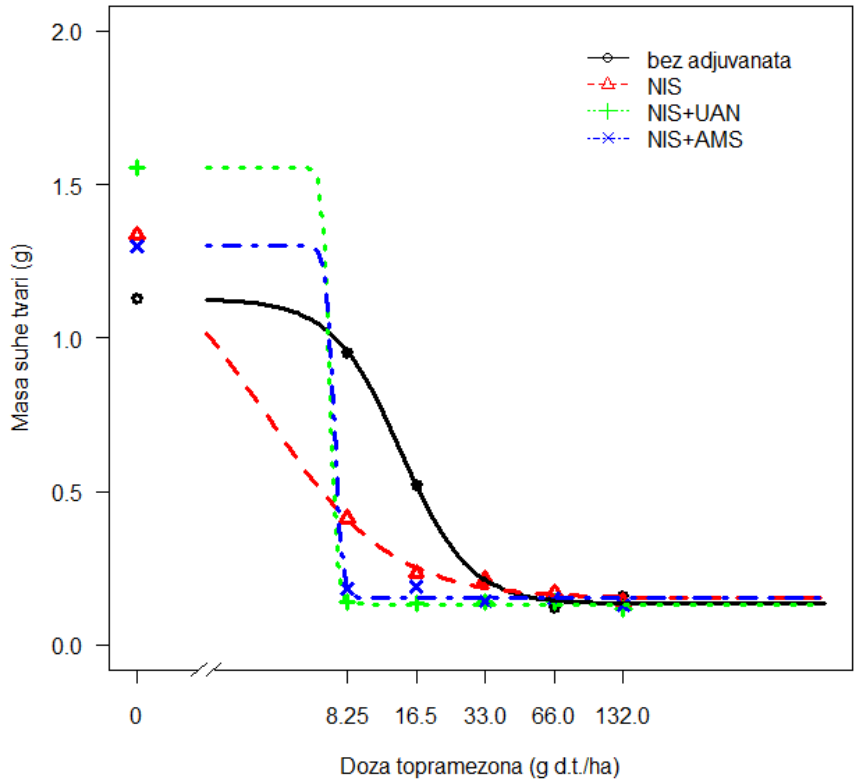
Grafikon 26. *Redukcija mase suhe tvari europskog mračnjaka u odnosu na dozu topramezona i adjuvante MSO, MSO + UAN i MSO + AMS*

Kad su s istim adjuvantom (MSO) primijenjene više dozacije herbicida, učinak na redukciju svježe nadzemne mase je rastao kod 16,5 g d.t. ha^{-1} na 81%, kod 33 g d.t. ha^{-1} na 88%, dok je kod preporučene i dvostruke doze s ovim adjuvantom učinak bio podjednak (87, odnosno 82%) kao i s polovičnim dozama herbicida. Kad je adjuvant MSO kombiniran s dušičnim gnojivom AMS uz istraživane doze topramezona, utvrđen je značajno bolji učinak na redukciju svježe mase biljaka mračnjaka. Tako je ova kombinacija adjuvanata već i s najnižom dozom topramezona (8,25 g d.t. ha^{-1}) na redukciju nadzemne mase postigla 89%. Iz trenda kretanja krivulje za ovu kombinaciju vidljivo je da daljnje povećanje doze herbicida

nije utjecalo na povećanje redukcije mase suhe tvari mračnjaka. Kad je istraživanim dozacijama topramezona uz adjuvant MSO dodavan UAN, kod najniže istraživane doze herbicida (8,25 g d.t. ha^{-1}) vidljivo je da ova kombinacija adjuvanata nije postigla dobar učinak na redukciju mase, iznosio je samo 29% u odnosu na prosječnu masu svih herbicidom netretiranih biljaka mračnjaka. Međutim, već kod ¼ preporučene doze (16,5 g d.t. ha^{-1}) redukcija mase mračnjaka iznosila je 90%. Ovo je potvrđeno i modeliranim krivuljama na osnovu kojih je određena i GR_{90} doza topramezona.

Procijenjene GR_{90} vrijednosti su za kombinaciju topramezon+MSO 9,13 g, za MSO+UAN 9,59 g i za MSO+AMS 4,24 g d.t. ha^{-1} topramezona. Utvrđene GR_{90} vrijednosti, dodatkom adjuvanata iz skupine MSO, smanjene su tri puta u odnosu na topramezon primijenjen bez adjuvanata (29,9 g d.t. ha^{-1}).

Treći istraživani adjuvant iz skupine NIS i s dušičnim gnojivima kao pomoćnim sredstvima herbicidu topramezonu u usporedbi s tretmanima gdje nije dodavan adjuvant prikazan je u grafikonu 27.

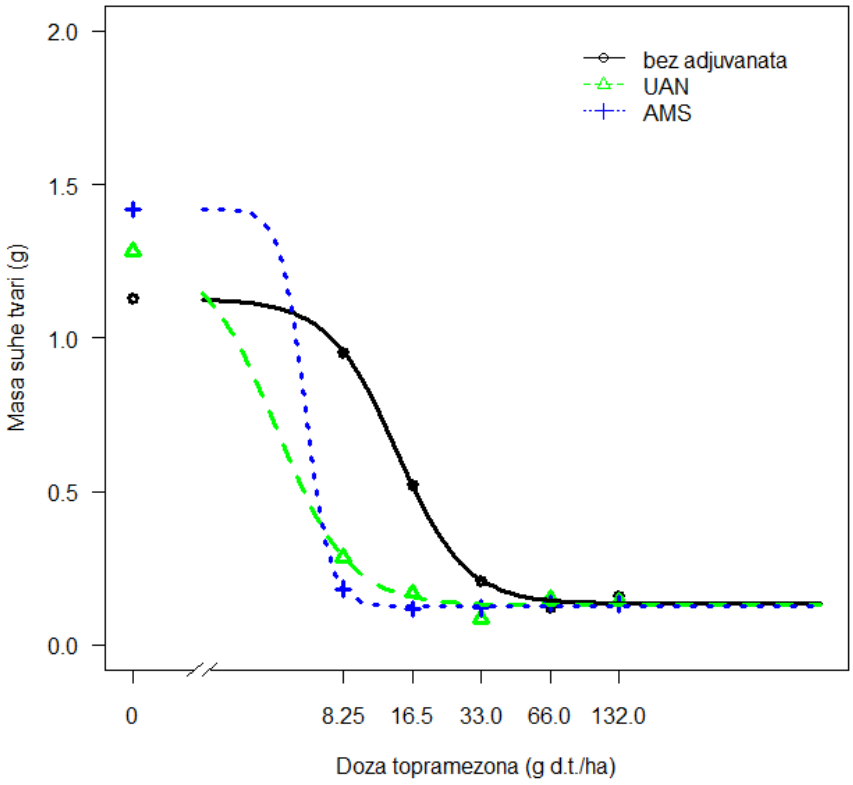


Grafikon 27. *Redukcija mase suhe tvari europskog mračnjaka u odnosu na dozu topramezona i adjuvante NIS, NIS + UAN i NIS + AMS*

Iz trendova kretanja krivulja u grafikonu i podataka u tablici 20 vidljivo je kao i na prethodnim grafikonima da je za redukciju od oko 80% nadzemne mase suhe tvari mračnjaka potrebno minimalno 33 g d.t. ha^{-1} topramezona kad je primijenjen bez adjuvanata. Kad se najnižoj dozi topramezona doda NIS adjuvant redukcija mase iznosi oko 70%, dok ista doza bez adjuvanta reducira masu mračnjaka samo za 30%. Povećanjem doze na 16,5 g d.t. ha^{-1} uz adjuvant NIS učinak je povećan na 83%. Kad je adjuvant NIS kombiniran s dušičnim gnojivima (i UAN-om i AMS-om) već je i najniža istraživana doza herbicida (8,25 g d.t. ha^{-1}) reducirala masu suhe tvari mračnjaka za 90% (NIS+UAN), odnosno 87% (NIS+AMS). Iz trenda kretanja krivulje, vidljivo je da daljnje povećanje doze herbicida uz primjenu kombinacije NIS-a i dušičnih gnojiva nije značajno utjecalo na povećanje redukcije nadzemne mase europskog mračnjaka.

Prema modelu izračuna osjetljivosti procijenjene GR_{90} vrijednosti, vrijednosti za kombinaciju s NIS-om dvostruko su niže u odnosu na topramezon primijenjen bez adjuvanata (14,56 g u odnosu na 29,91 g). GR_{90} vrijednosti kombinacija NIS+UAN i NIS+AMS četiri su puta smanjene u odnosu na tretman bez adjuvanata te su iznosile 7,43 g i 7,82 g d.t. ha^{-1}.

U istraživanju su kao adjuvanti, osim u kombinaciji s adjuvantima COC, MSO i NIS, dušična gnojiva korištena i zasebno što je i prikazano u grafikonu 28.



Grafikon 28. *Redukcija mase suhe tvari europskog mračnjaka u odnosu na dozu topramezona i adjuvante UAN i AMS*

Iz kretanja krivulja u grafikonu je vidljivo da su dušična gnojiva iskazala pozitivan utjecaj kao pomoćno sredstvo istraživanim, osobito nižim dozama herbicida. AMS je u tom smislu iskazao bolji učinak. Tako je redukcija mase suhe tvari mračnjaka u kombinaciji s najnižom dozom herbicida i AMS-om iznosila 87%, a u kombinaciji s UAN-om 79% u odnosu na prosječnu masu netretiranih biljaka mračnjaka. Povećanjem doze herbicida na 16,5 g d.t. ha^{-1} učinak s UAN-om i AMS-om je bio 87%. Učinak navedenih kombinacija više doze topramezona nisu značajno poboljšale.

Prema modelu izračuna osjetljivosti procijenjene GR_{90} vrijednosti su više od tri puta bolje u kombinacijama kad je dodano dušično gnojivo u odnosu na tretmane gdje nije dodan adjuvant te iznose 9,42 g za kombinaciju s UAN-om i 7,39 g d.t. ha^{-1} za kombinaciju s AMS-om.

4.2.2. Učinak istraživanih tretmana na limundžik

Kako je u poglavlju materijali i metode navedeno učinak istraživanih tretmana na limundžik utvrđivan je vizualnom ocjenom oštećenja korovnih jedinki po skali od 0 do 100% 7, 14 i 21 dan nakon tretiranja i utvrđivanjem vrijednosti svježe i suhe nadzemne mase po svakom tretmanu.

4.2.2.1. Vizualna ocjena učinka na limundžik

U tablici 22 prikazana je statistička analiza podataka vizualne ocjene učinka na limundžik.

Tablica 22. *Analiza varijance za subjektivnu ocjenu učinka na limundžik u kontroliranim uvjetima*

Izvor varijabilnosti	**n-1**	**SS**	**s^2**	**Fexp**	**F-test**
Repeticija	2	135,26	67,63		
Doza	5	666602,16	133320,43	2599,98	**
Tretman	11	8228,09	748,01	14,59	**
Doza × Tretman	55	7867,28	143,04	2,79	**
Greška (a)	142	7281,40	51,28	2,56	
Vrijeme	2	13485,49	6742,75	162,13	**
Greška (b)	4	166,36	41,59	2,08	
Doza × Vrijeme	10	2977,93	297,79	14,88	**
Tretman × Vrijeme	22	775,62	35,26	1,76	*
Doza × Tretman × Vrijeme	110	2627,62	23,89	1,19	ns
Greška (c)	284	5683,64	20,01		
Ukupno	647	715830,86			

ns – nesignifikantno, * - signifikantno ($p \leq 0,05$), ** - signifikantno ($p \leq 0,01$)

Iz tablice 22 vidljivo je da je kod vizualnih ocjena učinka istraživanih tretmana na limundžik utvrđena visokosignifikantna ($p \leq 0,01$) razlika između doza topramezona, adjuvanata te interakcija doza x adjuvant. Također je zabilježena visokosignifikantna razlika s obzirom na vrijeme (7, 14 i 21 dan) utvrđivanja herbicidnog učinka istraživanih tretmana. Za interakcije doza topramezona x vrijeme ocjenjivanja, adjuvant x vrijeme ocjenjivanja

utvrđena je signifikantna razlika ($p \leq 0,05$), dok za interakciju doza x adjuvant x vrijeme ocjenjivanja nije utvrđena signifikantna razlika.

Stoga su u tablici 23 prikazane prosječne vrijednosti oštećenja biljaka limundžika u odnosu na adjuvant (i kombinaciju adjuvanata), dozu topramezona i vrijeme vizualnog ocjenjivanja oštećenja.

Tablica 23. *Prosječne vrijednosti oštećenja biljaka limundžika u odnosu na istraživane tretmane i na vrijeme ocjenjivanja u kontroliranim uvjetima*

	Topramezon (g d.t. ha^{-1})																	
	0			**8,25**			**16,5**			**33,0**			**66,0**			**132,0**		
Vrijeme / Adjuvant	**7**	**14**	**21**	**7**	**14**	**21**	**7**	**14**	**21**	**7**	**14**	**21**	**7**	**14**	**21**	**7**	**14**	**21**
Bez adjuvanata	0,0	0,0	0,0	58,3	68,3	81,7	66,7	78,3	91,7	71,7	78,3	81,7	73,3	81,7	85,0	73,3	78,3	85,0
COC	0,0	0,0	0,0	46,7	65,0	90,0	61,7	73,3	75,0	61,7	73,3	75,0	76,7	86,7	93,3	86,7	88,3	95,0
COC + UAN	0,0	0,0	0,0	83,3	85,0	86,7	73,3	78,3	95,0	73,3	78,3	95,0	78,3	81,7	91,7	81,7	90,0	93,3
COC + AMS	0,0	0,0	0,0	81,7	85,0	95,0	83,3	88,3	91,7	83,3	88,3	91,7	86,7	91,7	96,7	86,7	91,7	96,7
MSO	0,0	0,0	0,0	83,3	88,3	96,7	83,3	85,0	96,7	83,3	85,0	96,7	80,0	81,7	91,7	73,3	80,0	91,7
MSO + UAN	0,0	0,0	0,0	81,7	83,3	91,7	90,0	96,7	96,7	90,0	96,7	96,7	91,7	95,0	98,3	81,7	88,3	96,7
MSO + AMS	0,0	0,0	0,0	81,7	86,7	95,0	83,3	86,7	95,0	83,3	86,7	95,0	80,0	86,7	98,3	85,0	88,3	96,7
NIS	0,0	0,0	0,0	78,3	85,0	91,7	85,0	90,0	98,3	85,0	90,0	98,3	83,3	88,3	95,0	83,3	86,7	91,7
NIS + UAN	0,0	0,0	0,0	75,0	83,3	95,0	80,0	88,3	98,3	80,0	88,3	98,3	86,7	91,7	95,0	88,3	93,3	96,7
NIS + AMS	0,0	0,0	0,0	83,3	86,7	93,3	78,3	83,3	95,0	78,3	83,3	95,0	86,7	91,7	95,0	90,0	95,0	100,0
UAN	0,0	0,0	0,0	63,3	73,3	83,3	80,0	90,0	95,0	81,7	88,3	96,7	78,3	88,3	91,7	83,3	88,3	93,3
AMS	0,0	0,0	0,0	81,7	86,7	93,3	81,7	88,3	96,7	80,0	90,0	95,0	78,3	85,0	90,0	76,7	83,3	93,3
$LSD_{0,05}$	8,9																	
$LSD_{0,05}$†	8,9																	
$LSD_{0,05}$††	7,2																	
$LSD_{0,05}$†††	8,9																	
$LSD_{0,05}$††††	8,9																	

† unutar istog vremena; †† unutar iste doze i tretmana; ††† unutar iste doze i vremena ocjenjivanja; †††† unutar istog tretmana i vremena ocjenjivanja

Kao što pokazuje tablica 23, kod tretmana gdje nije primijenjen herbicid (**doza topramezona 0 g d.t. ha^{-1}**) nego samo tretmani s adjuvantima, nije utvrđen herbicidni učinak na limundžik ni jednog adjuvanta, odnosno kombinacije adjuvanata.

Kod tretmana s **najnižom dozom (8,25 g d.t. ha^{-1})** topramezona dobivene su signifikantne razlike između stupnja oštećenja biljaka limundžika u odnosu na istraživani tretman (adjuvant) i u odnosu na vrijeme ocjenjivanja stupnja oštećenja. Najniža doza topramezona primijenjena bez adjuvanta iskazala je zadovoljavajući herbicidni učinak (81,7%) na biljke limundžika. Simptomi inicijalnog djelovanja su još s odmakom vremena dodatno poboljšani tako da je učinak od početnih 58,3% sedam dana nakon tretiranja povećan na 81,7% tri tjedna nakon tretiranja. Najslabije inicijalno djelovanje najniže istraživane doze topramezona na biljke limundžika je utvrđeno kad je primijenjena u kombinaciji s COC-om (46,7%). Učinak navedene kombinacije tri tjedna nakon aplikacije bio je odličnih 90%. Inicijalni učinci (sedam dana nakon tretiranja) svih drugih adjuvanata u kombinaciji s osminom preporučene doze topramezona (8,25 g d.t. ha^{-1}) su bili od 63,3 do 83,3%. Nakon konačne ocjene oštećenja (21 dan nakon tretiranja) svih adjuvanata u istraživanju u kombinaciji s osminom preporučene doze herbicida utvrđeno je da sve kombinacije imaju učinak veći od zadovoljavajućeg (> 70%) i iznosi od 81,7 do 96,7%. Na osnovu navedenog zaključujemo da je vrsta limundžik izrazito osjetljiva na herbicid topramezon. Prema prikazanim rezultatima u tablici 23, zaključno se za primjenu osmine preporučene doze herbicida topramezona i dodavane adjuvante u suzbijanju korovne vrste limundžika može reći da se primjenom ove doze i odgovarajućeg adjuvanta može uspješno suzbiti ova nepoželjna vrsta u usjevu kukuruza. Naime, dodavani adjuvanti su herbicidu povećali učinak za od 2,6 (UAN) do 15 (MSO) postotaka, čime je potvrđena hipoteza da adjuvanti svojim funkcijama povećavaju učinak reduciranim dozama herbicida.

Kad se analiziraju rezultati dvostruko veće doze od prethodne, odnosno **¼ doze (16,5 g d.t. ha^{-1})** propisane doze (66 g d.t. ha^{-1}), najlošiji učinak tri tjedna nakon tretiranja je utvrđen za kombinaciju s COC-om (75%), dok je u svim ostalim kombinacijama adjuvanata učinak bolji od 90%. Inicijalni učinak (sedam dana nakon tretiranja) kombinacije četvrtine preporučene doze primijenjene bez adjuvanata i kombinacije s COC-om je bio lošiji od drugih kombinacija i iznosio je 66,7, odnosno 61,7%.

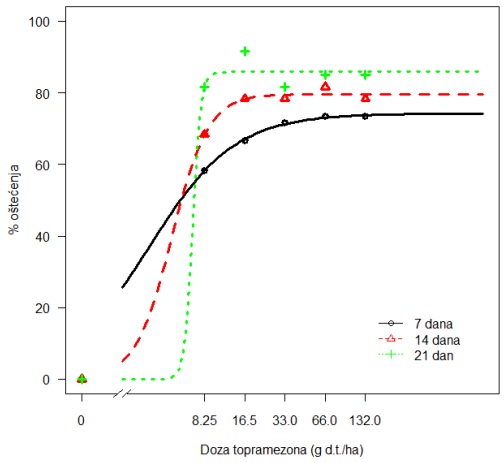
Kad je u istraživanju primijenjeno **½ preporučene doze (33 g d.t. ha^{-1})** u kombinaciji s istraživanim adjuvantima (i kombinacijama adjuvanata) konačni herbicidni učinci istih tretmana nisu znatno bolji od učinka s ¼ preporučene doze (16,5 g d.t. ha^{-1}) uz pomoć

adjuvanata. Slabije inicijalno djelovanje od 61,7 i 71,7% je utvrđeno za kombinaciju topramezona primijenjenog bez adjuvanata i kombinaciju s COC-om.

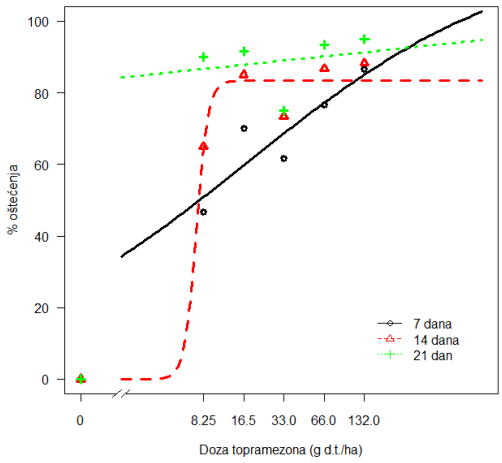
Preporučena i dvostruka doza herbicida u ovom istraživanju **(66 i 132 g d.t. ha^{-1})** primijenjena bez adjuvanata i u kombinaciji s adjuvantima reducirala (oštetila) je nadzemnu masu limundžika za 85-100%. Inicijalni učinak na limundžik kod svih adjuvanata u istraživanju u prethodno navedene dvije doze bio je veći od zadovoljavajućih 70%.

Kod utvrđivanja učinka istraživanih tretmana metodom subjektivne vizualne ocjene oštećenja nadzemne mase biljaka limundžika iz prikazanih rezultata je vidljivo da su sve istraživane kombinacije adjuvanata i primjenom najniže istraživane doze (8,25 g d.t. ha^{-1}) postigle učinke veće od 80%.

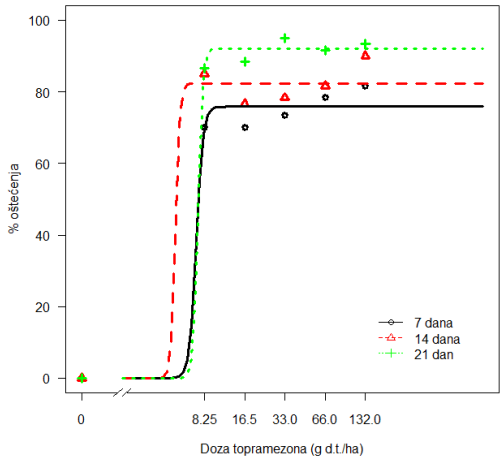
Grafikonima (od 29 do 40) u nastavku teksta cilj je prikazati trendove osjetljivosti limundžika u odnosu na istraživane doze topramezona, dodavane adjuvante i u odnosu na vrijeme ocjenjivanja.



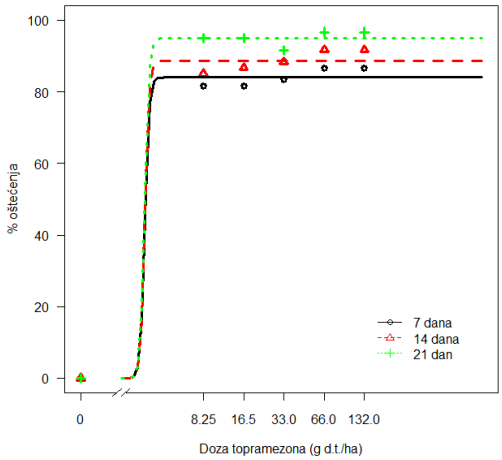
Grafikon 29. *Učinak topramezona bez adjuvanata na limundžik*



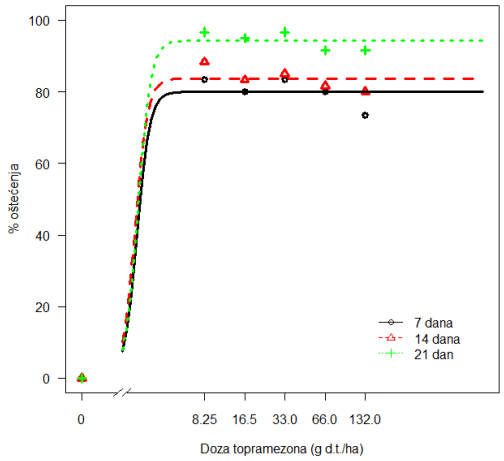
Grafikon 30. *Učinak kombinacije topramezon + COC na limundžik*



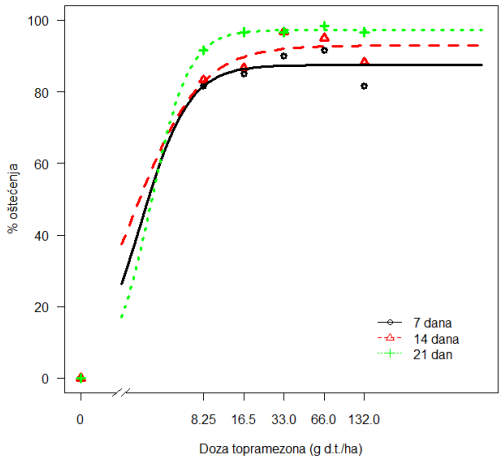
Grafikon 31. *Učinak kombinacije topramezon + COC + UAN na limundžik*



Grafikon 32. *Učinak kombinacije topramezon + COC + AMS na limundžik*



Grafikon 33. *Učinak kombinacije topramezon + MSO na limundžik*



Grafikon 34. *Učinak kombinacije topramezon + MSO + UAN na limundžik*

Na osnovi podataka iz tablice 23 izvedene su krivulje osjetljivosti limundžika na doze topramezona i kombinacije adjuvanata. Krivulje su izvedene na osnovi triju parametara s obzirom da je učinak pri dozi topramezona 0 g d.t. ha^{-1} za sve istraživane kombinacije bio 0%. Vrijednosti parametara na osnovi kojih su izvedene krivulje nalaze se u tablici u prilogu.

U grafikonu 29 prikazana je osjetljivost limundžika na topramezon kojemu nisu dodani adjuvanti 7, 14 i 21 dan nakon tretiranja. Osjetljivost limundžika povećavala se s dozom topramezona i vremenskim periodom nakon tretiranja. Tako je dva tjedna nakon tretiranja procijenjena maksimalna vrijednost učinka 79,6%, a tri tjedna nakon tretiranja 85,3%.

Grafikon 30 prikazuje osjetljivost limundžika na kombinaciju topramezon+COC. Iz grafikona 30 vidljivo je značajno poboljšanje učinka na limundžik i najmanjih doza topramezona dva tjedna nakon tretiranja, u komparaciji s učinkom tjedan dana nakon

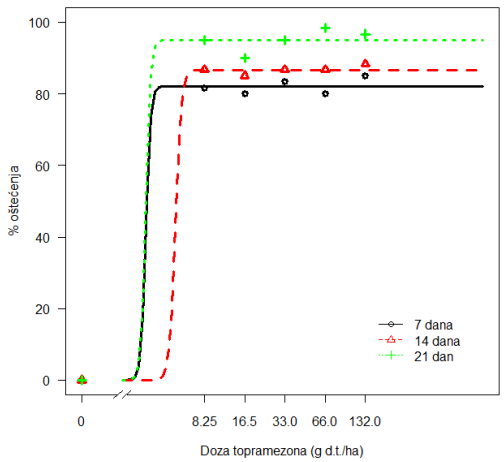
tretiranja. Nakon drugog tjedna procijenjeni maksimalan učinak iznosi 83,3%, da bi nakon sljedećih tjedan dana (treća ocjena) došlo do još značajnijeg rasta te je procijenjeni maksimalni učinak navedene krivulje 179,8%.

Grafikon 31 prikazuje učinak kombinacije topramezon+COC+UAN na limundžik. Iz grafikona 31 vidljivo je da se učinak na limundžik blago poboljšava, sukladno s protokom vremena. Također, razvidan je i paralelan odnos krivulja. Procijenjena maksimalna vrijednost krivulja iz grafikona 31 iznosi 82,3% za 14 dana nakon tretiranja i 92,1% tri tjedna nakon tretiranja.

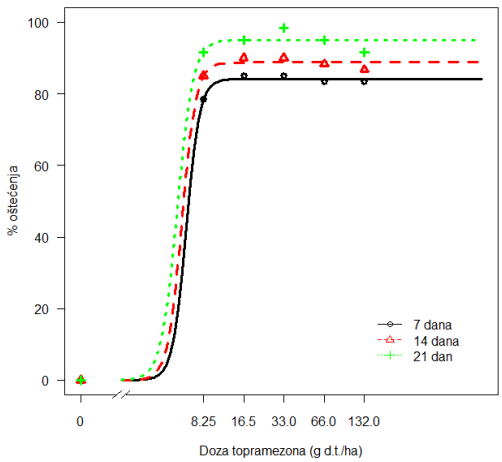
Grafikon 32 prikazuje osjetljivost limundžika na kombinaciju topramezon+COC+AMS. Sve tri krivulje (7, 14 i 21 dan) gotovo su paralelne te se s odmakom vremena bilježi porast učinka. Maksimalna procijenjena vrijednost učinka na limundžik je 88,7% kod ocjenjivanja 14 dana nakon tretiranja i 95% za ocjenjivanje 21 dan nakon tretiranja.

Kad je primijenjena kombinacija topramezon+MSO (grafikon 33), utvrđen je nagli porast učinka na limundžik. Sve tri krivulje paralelne su s obzirom na maksimalan učinak, s time da se bilježi vidljivo poboljšan učinak na limundžik između druge i treće ocjene. Tako i maksimalne procijenjene vrijednosti učinka na limundžik iznose 80% nakon sedam dana, 83,7% 14 dana nakon tretiranja i 94,3% 21 dan nakon tretiranja.

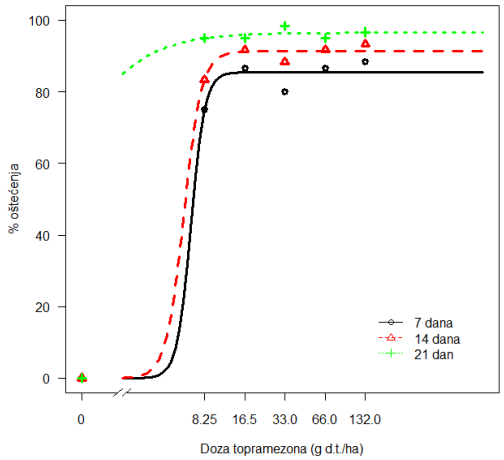
Učinak kombinacije topramezon+MSO+UAN na limundžik prikazan je u grafikonu 34. Kako vrijeme nakon tretiranja prolazi tako se i učinak istraživane kombinacije poboljšava, što je i prezentirano u ovome grafikonu. Maksimalna procijenjena vrijednost redukcije limundžika za krivulju 14 dana iznosi 92,9%, a za krivulju 21 dan 97,3%.



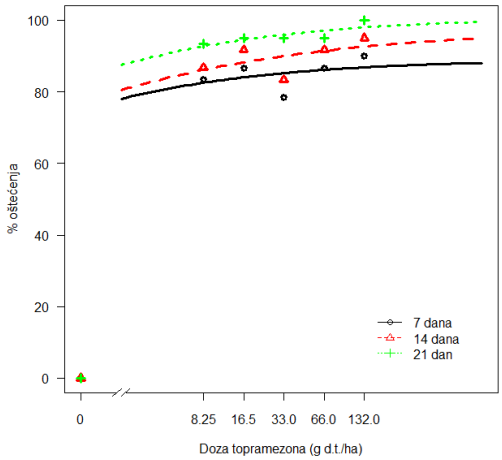
Grafikon 35. *Učinak kombinacije topramezon + MSO + AMS na limundžik*



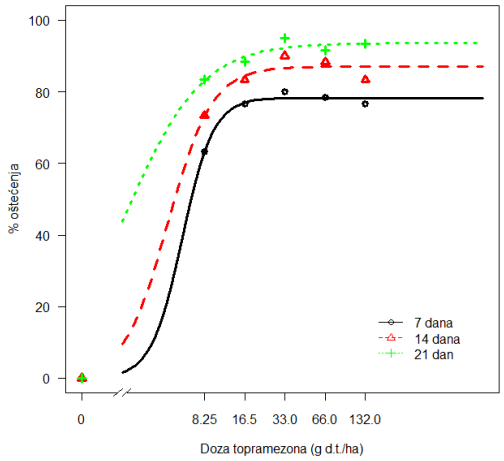
Grafikon 36. *Učinak kombinacije topramezon + NIS na limundžik*



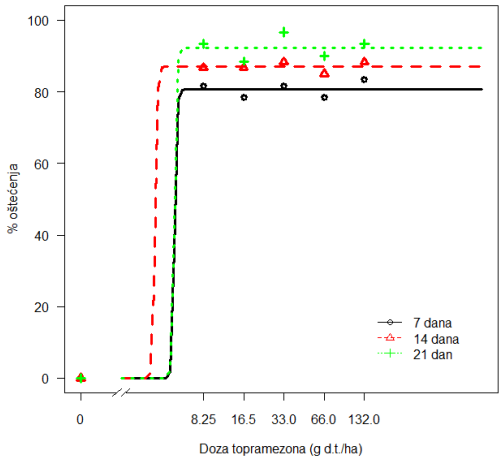
Grafikon 37. *Učinak kombinacije topramezon + NIS + UAN na limundžik*



Grafikon 38. *Učinak kombinacije topramezon + NIS + AMS na limundžik*



Grafikon 39. *Učinak kombinacije topramezon + UAN na limundžik*



Grafikon 40. *Učinak kombinacije topramezon + AMS na limundžik*

Učinak kombinacije topramezon+MSO+AMS na limundžik prikazan je u grafikonu 35. Iz grafikona je vidljivo da je limundžik vrlo osjetljiv na istraživanu kombinaciju i u najmanjoj primijenjenoj dozi topramezona. Krivulje 7, 14 i 21 dan nakon tretiranja gotovo su paralelne, a njihove procijenjene maksimalne vrijednosti učinka na limundžik iznose 82,0% za sedam dana, 86,6% za 14 dana i 95,0% 21 dan nakon tretiranja.

Kod kombinacije topramezon+NIS vidljivo je da je limundžik vrlo osjetljiv na spomenutu kombinaciju i kod primijenjene najniže doze topramezona (grafikon 36). Tako je i maksimalna procijenjena vrijednost učinka na limundžik za krivulju sedam dana nakon tretiranja 84,2%, za krivulju 14 dana 88,8%, dok je za krivulju 21 dan 95,0%.

Grafikon 37 prikazuje osjetljivost limundžika na kombinaciju topramezon+NIS+UAN. Vidljivo je da su sve tri krivulje okomitog rasta do doze topramezona od 8,25 g d.t. ha^{-1}, a

nakon te doze postaju gotovo paralelne. Maksimalan procijenjen učinak istraživane kombinacije na limundžik za krivulju sedam dana je 85,4%, za krivulju 14 dana 91,3%, a za krivulju 21 dan 96,5 %.

Osjetljivost limundžika na kombinaciju topramezon+NIS+AMS prikazana je na grafikonu 38. Uočljiv je okomiti rast krivulja formiranih 7, 14 i 21 dan nakon tretiranja. Krivulje nakon doze topramezona od 8,25 g d.t. ha^{-1} rastu s porastom njegove doze. Krivulja sedam dana nakon tretiranja ima maksimalnu vrijednost učinka na limundžik 89,0%, krivulja 14 dana 97,6%, dok krivulja 21 dan nakon tretiranja ima maksimalnu vrijednost 100,0%.

Grafikon 39 prikazuje osjetljivost limundžika na kombinaciju topramezon+UAN. Iz tog je grafikona vidljivo da učinak istraživane kombinacije raste s obzirom na vrijeme koje je proteklo od tretiranja. Maksimalan procijenjeni učinak na limundžik je 78,3% sedam dana, 87,0% dva tjedna i 93,6% za 21 dan nakon tretiranja.

Kod kombinacije topramezon+AMS (grafikon 40) uočljiva je značajna osjetljivost limundžika i na osminu doze topramezona od 8,25 g d.t. ha^{-1}. Vidljivo je da se, usprkos povećanju doze topramezona, učinak na limundžik ni na jednoj krivulji ne povećava. Tako maksimalna procijenjena redukcija limundžika za krivulju 7 dana iznosi 80,7%, za 14 dana 87,0%, a za krivulju 21 dan 92,3%.

4.2.2.2. Učinak na svježu masu limundžika

Učinak kombinacija različitih doza topramezona i adjuvanata na limundžik, osim vizualnom ocjenom oštećenja limundžika, utvrđivan je i kroz redukciju mase svježe nadzemne mase u odnosu na nadzemnu masu netretiranih biljaka.

Tablica 24. *Analiza varijance za svježu masu limundžika u kontroliranim uvjetima*

Izvor varijabilnosti	**n-1**	**SS**	**s^2**	**Fexp**	**F-test**
Doza	5	147,16	29,43	1083,40	**
Adjuvant	11	1,81	0,16	6,07	**
Doza × Adjuvant	55	2,43	0,04	1,63	*
Greška	144	3,91	0,03		
Ukupno	215	155,31			

* - signifikantno ($p \leq 0,05$), ** - signifikantno ($p \leq 0,01$)

Kao što je vidljivo iz tablice 24, utvrđena je signifikantna razlika u učinku na masu svježe mase limundžika između doza topramezona, adjuvanata i interakcija adjuvant x doza. Srednje vrijednosti mase svježe mase limundžika ispisane su u tablici 25.

Tablica 25. *Srednje vrijednosti mase svježe mase limundžika ovisno o dozama topramezona i adjuvantima u kontroliranim uvjetima*

Adjuvant	**Topramezon (g d.t. ha^{-1})**						
	0	**8,25**	**16,5**	**33,0**	**66,0**	**132,0**	$\overline{X}$ **Adjuvant**
Bez adjuvanta	2,40	0,45	0,50	0,49	0,34	0,49	0,78
COC	2,20	0,53	0,49	0,69	0,47	0,21	0,76
COC + UAN	2,42	0,29	0,33	0,19	0,32	0,33	0,64
COC + AMS	2,42	0,39	0,38	0,31	0,18	0,11	0,63
MSO	2,55	0,16	0,20	0,19	0,25	0,02	0,56
MSO + UAN	2,40	0,07	0,15	0,07	0,05	0,11	0,48
MSO + AMS	2,40	0,23	0,04	0,20	0,15	0,03	0,51
NIS	2,53	0,16	0,26	0,17	0,15	0,16	0,57
NIS + UAN	2,58	0,25	0,24	0,11	0,16	0,19	0,59
NIS + AMS	2,61	0,20	0,09	0,19	0,13	0,02	0,54
UAN	2,51	0,61	0,22	0,11	0,40	0,35	0,70
AMS	2,55	0,27	0,40	0,25	0,31	0,24	0,67
$\overline{X}$ Doza	2,46	0,30	0,28	0,25	0,24	0,19	
$LSD_{0,05}$ Doza	0,770						
$LSD_{0,05}$ Adjuvant	0,109						
$LSD_{0,05}$ Doza × Adjuvant	0,266						

Iz prikazanih podataka je vidljivo da je utvrđena signifikantna razlika između masa svježe mase limundžika čak i između tretmana na kojima nije primijenjen herbicid (doza topramezona 0 g d.t. ha^{-1}). Prosječna masa svježe mase limundžika svih istraživanih adjuvanata gdje nije primijenjen herbicid bila je 2,46 g. Varirala je od 2,20 g kad je topramezon primijenjen u kombinaciji s COC-om do 2,61 g (kombinacija topramezona s NIS+AMS-om). Nadzemna masa svježe mase limundžika gdje nije primijenjen ni herbicid ni adjuvant iznosila je 2,40 g.

Kod primijenjene doze topramezona od 8,25 g d.t. ha^{-1} prosječna utvrđena masa svježe mase limundžika bila je 0,30 g. Najlošiji učinak, odnosno najveća masa limundžika utvrđena je na tretmanima kad topramezonu nije dodan adjuvant (0,45 g) te kad je primijenjen u kombinaciji s adjuvantima COC (0,53 g) i UAN (0,61 g). Svim ostalim tretmanima je utvrđena statistički opravdano najniža masa svježe mase limundžika koje se nisu razlikovale.

Istraživana doza od 16,5 g d.t. ha^{-1} izazvala je prosječnu masu limundžika 0,28 g. Najveća masa limundžika utvrđena je na tretmanima kad topramezonu (doza 16,5 g d.t. ha^{-1}) nije dodan adjuvant (0,50 g) te kad je primijenjen u kombinaciji s adjuvantima COC (0,49 g) i COC+AMS (0,38 g), dok je za sve druge kombinacije topramezona u navedenoj dozi i adjuvanata utvrđena statistički opravdano najniža masa svježe mase limundžika.

Prosječna masa svježe mase limundžika tretirana topramezonom u polovičnoj (33 g d.t. ha^{-1}) dozi iznosila je 0,25 g. Najveća masa limundžika utvrđena je na tretmanima kad topramezonu nije dodan adjuvant (0,49 g) te kad je primijenjen u kombinaciji s adjuvantom COC (0,69 g), dok je u svim drugim kombinacijama topramezona u navedenoj dozi i adjuvanata utvrđena statistički opravdano najniža masa svježe mase limundžika.

Kad je limundžik tretiran preporučenom dozom (66 g d.t. ha^{-1}), utvrđena je prosječna masa limundžika od 0,24 g. Najveća masa limundžika utvrđena je na tretmanima kad topramezonu nije dodan adjuvant (0,34 g), te kad je primijenjen u kombinacijama s adjuvantima COC (0,47 g), COC+UAN (0,32 g) i UAN (0,40 g), dok je u svim drugim kombinacijama topramezona u navedenoj dozi i adjuvanata utvrđena statistički opravdano najniža masa svježe mase limundžika.

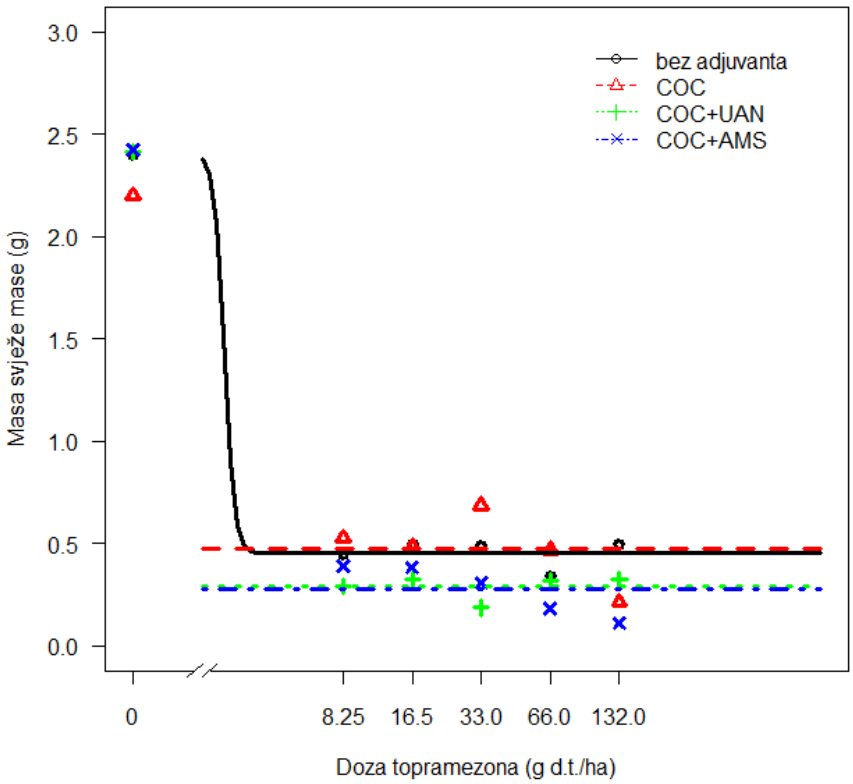
Dvostruka doza topramezona (132 g d.t. ha^{-1}) izazvala je prosječnu masu svježe mase limundžika 0,19 g. Najveća masa limundžika utvrđena je na tretmanima kad topramezonu nije dodan adjuvant (0,49 g) te kad je primijenjen u kombinacijama s adjuvantima COC+UAN (0,33 g) i UAN (0,35 g), dok je u svim drugim kombinacijama topramezona u navedenoj dozi i adjuvanata utvrđena statistički opravdano najniža masa svježe mase limundžika.

Najveća prosječna masa svježe mase limundžika na svim dozama topramezona utvrđena je na tretmanima kad topramezonu nije dodan adjuvant (0,78 g) te kad su dodavani adjuvanti COC (0,76 g) i UAN (0,70 g).

Statistički opravdano najmanja masa limundžika utvrđena je na kombinacijama topramezona i adjuvanata MSO (0,56 g), MSO+UAN (0,48 g), MSO+AMS (0,51 g), NIS (0,57 g), NIS+UAN (0,59 g) i NIS+AMS (0,54 g). Prosječna masa tretmana gdje je primijenjena najniža doza herbicida u odnosu na masu gdje nije primijenjen herbicid reducirana je za 87,8%. Kod četvrtine, polovine, preporučene i dvostruko veće doze redukcija nije značajno porasla i iznosila je 88,6; 89,8; 90,2 i 92,3%.

Grafikoni od 41 do 44 prikazuju osjetljivost svježe mase limundžika na istraživane tretmane u odnosu na dozu topramezona i u odnosu na dodavane adjuvante u škropivo.

Na osnovu krivulja (modela osjetljivosti) u grafikonima od 41 do 44 izračunata je GR_{90} vrijednost odnosno određena je doza topramezona koja je u kombinaciji s adjuvantima potrebna za redukciju 90% mase svježe mase limundžika.



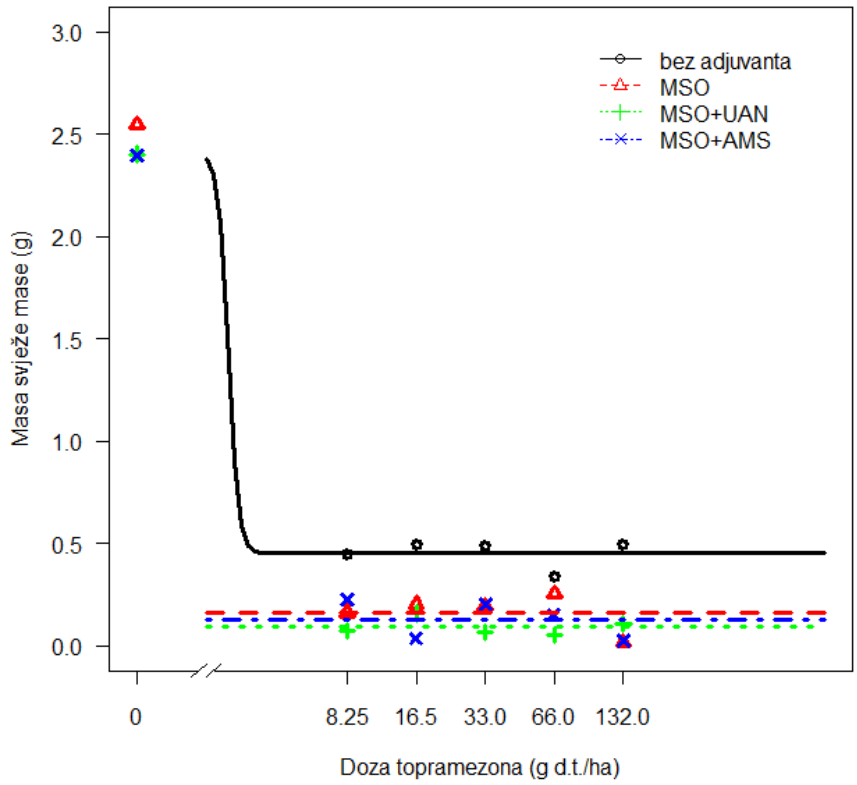
Grafikon 41. *Redukcija mase svježe mase limundžika u odnosu na dozu topramezona i adjuvante COC, COC + UAN i COC + AMS*

Grafikon 41 prikazuje *model osjetljivosti* limundžika izražen kroz redukciju svježe mase na doze topramezona bez adjuvanata i u kombinaciji sa COC-om i dušičnim gnojivima.

Na osnovi prikazanih krivulja modelirane su i GR_{90} vrijednosti istraživanih tretmana. Prema preklapanju krivulja koje označavaju herbicid kad mu nije dodan adjuvant kao i u kombinacijama COC, COC+UAN i COC+AMS vidljivo je da sve kombinacije imaju podjednak učinak, odnosno podjednaku pomoć pružaju istraživanim dozama topramezona. Učinak osmine preporučene doze (8,25 g d.t. ha^{-1}) tretmana bez primijenjenog adjuvanta u odnosu na prosječnu vrijednost tretmana gdje nije primijenjen herbicid je bio zadovoljavajućih 81,7%. Dodavanjem adjuvanta COC navedenoj dozi učinak je smanjen na 78,5%, dok je u kod kombinacija COC+UAN i COC+AMS učinak bio 88,2 i 84,1%. Iz krivulja je vidljivo da rastom doze herbicida ne raste učinak na masu svježe mase limundžika.

Na osnovi krivulja (grafikon 41) izračunata je GR_{90} vrijednost. Tako GR_{90} vrijednost za topramezon bez adjuvanata iznosi 2,79 g, za kombinaciju s COC-om 1,12 g, COC+UAN 1,12 g te COC+AMS 1,12 g d.t. ha^{-1} topramezona.

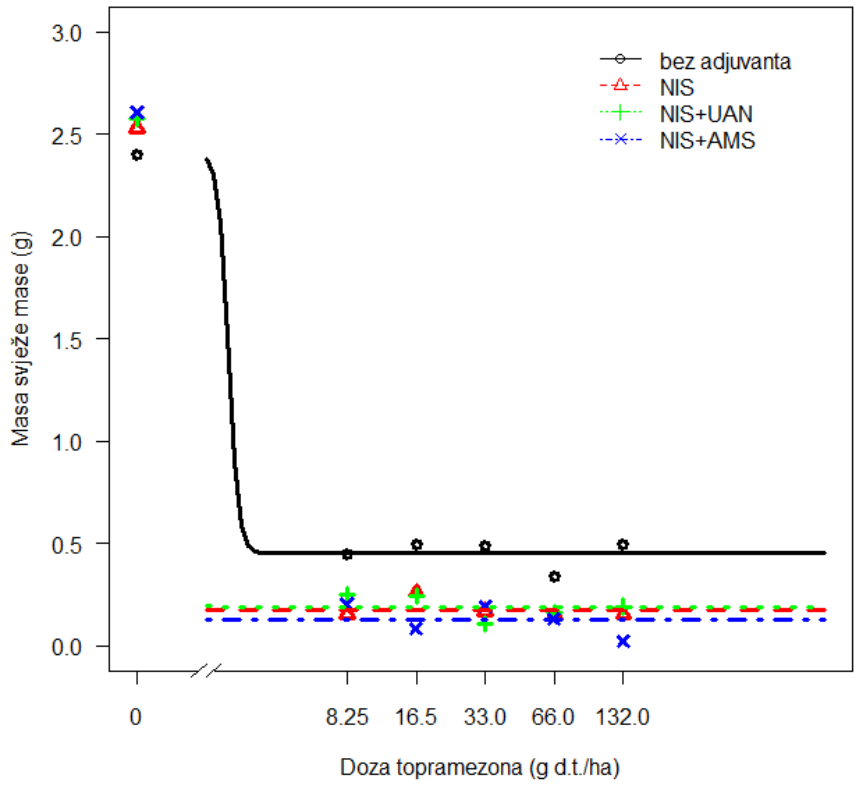
Osjetljivost mase svježe mase limundžika na istraživane doze topramezona bez adjuvanata i sa adjuvantima MSO, MSO+UAN i MSO+AMS prikazana je krivuljama u grafikonu 42.



Grafikon 42. *Redukcija mase svježe mase limundžika u odnosu na dozu topramezona i adjuvante MSO, MSO + UAN i MSO + AMS*

Kad su s topramezonom primijenjeni adjuvanti MSO, MSO+UAN i MSO+AMS već kod osmine (8,25 g d.t. ha^{-1}) utvrđeni su odlični učinci od 93,5; 97,2 i 90,7% na svježu nadzemnu masu limundžika. Iz krivulja osjetljivosti je vidljivo da se „preklapaju“ te da povećanjem doze topramezona se ne poboljšava učinak na limundžik. Procijenjene GR_{90} vrijednosti su 1,12 g za MSO, 1,12 g za MSO + UAN i 1,12 g d.t. ha^{-1} za MSO + AMS.

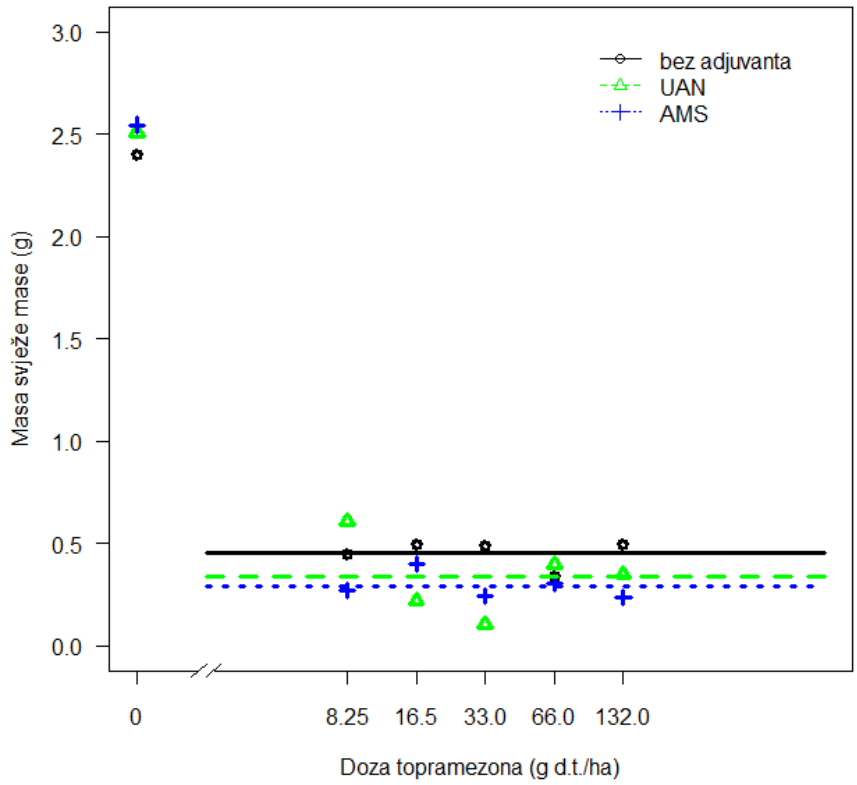
Treći istraživani adjuvant iz skupine NIS i s dušičnim gnojivima kao pomoćnim sredstvima herbicidu topramezonu u usporedbi s tretmanima gdje nije dodavan adjuvant prikazan je u grafikonu 43.



Grafikon 43. *Redukcija mase svježe mase limundžika u odnosu na dozu topramezona i adjuvante NIS, NIS + UAN i NIS +AMS*

Prema preklapanju krivulja koje označavaju herbicid kad mu nije dodan adjuvant kao i u kombinacijama NIS, NIS+UAN i NIS+AMS vidljivo je da sve kombinacije imaju već pri najmanjoj primijenjenoj dozi topramezona podjednak učinak od 93,5% u kombinaciji s NIS-om, 89,8 % s NIS+UAN-om i 91,9% s NIS+AMS-om. Iz krivulja je vidljivo da povećanjem doze herbicida ne raste učinak na masu svježe mase limundžika. Na osnovi krivulja (grafikon 43) izračunata je GR_{90} vrijednost. Tako je utvrđena GR_{90} vrijednost za topramezon u kombinaciji s NIS-om 1,12 g, NIS+UAN 1,28 g te NIS+AMS 1,28 g d.t. ha^{-1} topramezona.

Osjetljivost mase svježe mase limundžika na istraživane doze topramezona bez adjuvanata i s dušičnim gnojivima koja primjenjujemo kao adjuvante (UAN i AMS) prikazana je krivuljama u grafikonu 44.



Grafikon 44. *Redukcija mase svježe mase limundžika u odnosu na dozu topramezona i adjuvante UAN i AMS*

Iz krivulja prikazanih u grafikonu 44 razvidan je dobar učinak istraživanih kombinacija topramezona u kombinaciji s dušičnim gnojivima već kad je topramezon primijenjen u osmini preporučene doze (8,25 g d.t. ha^{-1}). Učinak kombinacije s UAN-om je 75,2%, a s AMS-om 89,0%. Povećanjem doze na dvostruko veću od prethodno navedene (16 g d.t. ha^{-1}) učinak kombinacije s UAN-om raste na 91,1%, dok se AMS-u učinak ne poboljšava. Iz krivulja osjetljivosti svježe mase limundžika je vidljivo da povećanjem doze topramezona se ne povećava i učinak na limundžik. Na osnovi grafikona 44 procijenjene su GR_{90} vrijednosti koje iznose za UAN 1,28 g, a za AMS 1,16 g d.t. ha^{-1} topramezona.

4.2.2.3. Učinak na masu suhe tvari limundžika

Tablica 26 prikazuje tablicu analize varijance na masu suhe tvari limundžika.

Tablica 26. *Analiza varijance za masu suhe tvari limundžika u kontroliranim uvjetima*

Izvor varijabilnosti	**n-1**	**SS**	**s^2**	**Fexp**	**F-test**
Doza	5	4,210	0,841	130,06	*
Adjuvant	11	0,045	0,004	0,64	ns
Doza × Adjuvant	55	0,243	0,004	0,68	ns
Greška	144	0,931	0,006		
Ukupno	215	5,425			

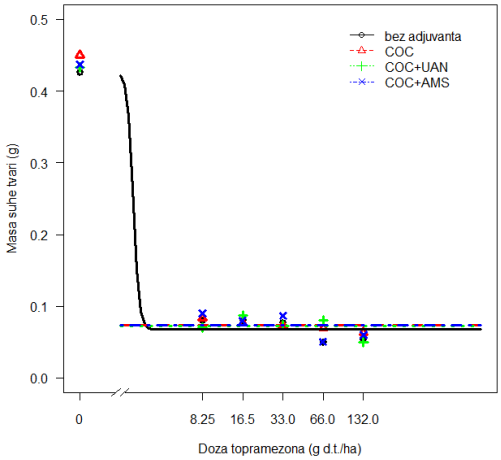
ns – nesignifikantno, * - signifikantno ($p \leq 0,05$)

Kao što je vidljivo iz tablice 26, utvrđena je signifikantna razlika između doza topramezona u masi suhe tvari limundžika. Nije utvrđena signifikantna razlika između adjuvanata, kao ni interakcija adjuvant x doza topramezona.

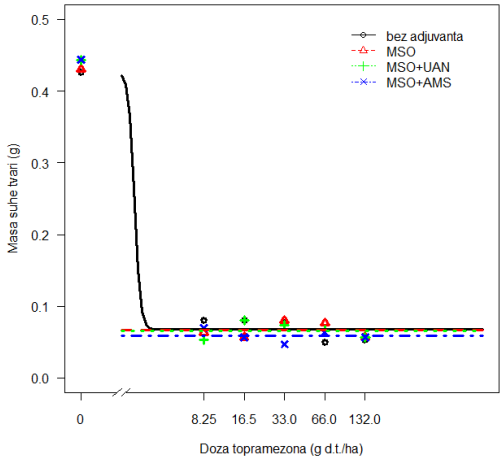
U tablici 27 prikazane su srednje vrijednosti mase suhe tvari limundžika ovisno o dozi topramezona i kombinaciji s adjuvantima. Prosječna masa na tretmanima gdje je primijenjena najniža doza herbicida u odnosu na masu gdje nije primijenjen herbicid reducirana je za 84,0%. Kod četvrtine (16,5 g d.t. ha^{-1}) doze učinak je pao i iznosio 16,2% (zbog veće mase utvrđene kod kombinacije herbicida i NIS+UAN-a). Primjenom polovine, preporučene i dvostruko veće doze redukcija mase svježe mase limundžika je značajno porasla i iznosila je 84,2; 85,3 i 87,3%.

Tablica 27. *Srednje vrijednosti mase suhe tvari limundžika ovisno o dozama topramezona i adjuvantima u kontroliranim uvjetima*

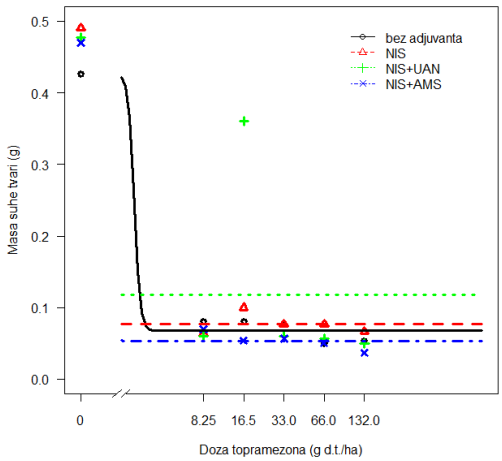
Adjuvant	**Topramezon (g d.t. ha^{-1})**						$\overline{X}$ **Adjuvant**
	0	**8,25**	**16,5**	**33,0**	**66,0**	**132,0**	
bez adjuvanta	0,43	0,08	0,08	0,08	0,05	0,05	0,13
COC	0,45	0,08	0,08	0,07	0,07	0,06	0,14
COC + UAN	0,43	0,07	0,09	0,07	0,08	0,05	0,13
COC + AMS	0,44	0,09	0,08	0,09	0,05	0,06	0,13
MSO	0,43	0,06	0,06	0,08	0,08	0,06	0,13
MSO + UAN	0,44	0,05	0,08	0,07	0,07	0,06	0,13
MSO + AMS	0,44	0,07	0,06	0,05	0,06	0,06	0,12
NIS	0,49	0,06	0,10	0,08	0,08	0,07	0,15
NIS + UAN	0,48	0,06	0,36	0,06	0,06	0,05	0,18
NIS + AMS	0,47	0,07	0,05	0,06	0,05	0,04	0,12
UAN	0,41	0,10	0,07	0,07	0,08	0,09	0,14
AMS	0,45	0,06	0,19	0,07	0,07	0,05	0,15
$\overline{X}$ Doza	0,45	0,072	0,107	0,071	0,066	0,057	
$LSD_{0,05}$ Doza	0,37						



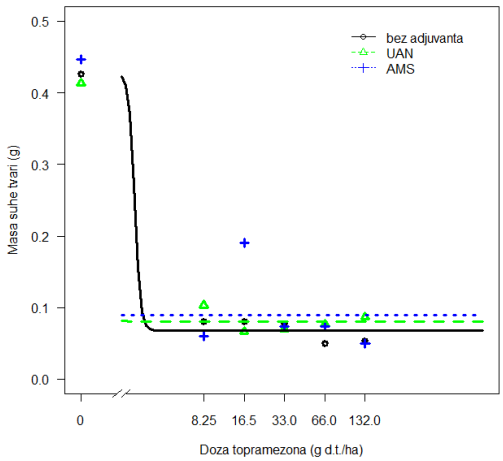
Grafikon 45. *Redukcija mase suhe tvari limundžika u odnosu na dozu topramezona i adjuvante COC, COC + UAN i COC + AMS*



Grafikon 46. *Redukcija mase suhe tvari limundžika u odnosu na dozu topramezona i adjuvante MSO, MSO + UAN i MSO + AMS*



Grafikon 47. *Redukcija mase suhe tvari limundžika u odnosu na dozu topramezona i adjuvante NIS, NIS + UAN i NIS + AMS*



Grafikon 48. *Redukcija mase suhe tvari limundžika u odnosu na dozu topramezona i adjuvante UAN i AMS*

U grafikonima 45-48 prikazana je osjetljivost suhe mase limundžika na doze topramezona bez adjuvanata i u kombinaciji s COC, COC + UAN, COC + AMS, MSO, MSO + UAN, MSO + AMS, NIS, NIS + UAN, NIS + AMS, UAN i AMS. Utvrđeno je da nema signifikantne razlike u interakciji adjuvanta i doza topramezona, stoga se navode procijenjene GR_{90} vrijednosti dobivene na osnovi grafova u tekstu iznad. Procijenjena GR_{90} vrijednost za tretman bez adjuvanta iznosi 2,79 g, COC 1,12 g, COC+UAN 1,12 g, COC+AMS 1,12 g, MSO 1,12 g, MSO+UAN 1,12 g, MSO+AMS 1,12 g, NIS 1,12 g, NIS+UAN 1,28 g, NIS+AMS 1,28 g, UAN 1,28 g, AMS 1,16 g d.t. ha^{-1} topramezona.

4.2.3. Učinak istraživanih tretmana na šćir

Kako je u poglavlju Materijali i metode navedeno, učinak istraživanih tretmana utvrđivan je vizualnom ocjenom oštećenja korovnih jedinki po skali od 0 do 100% 7, 14 i 21 dan nakon tretiranja i utvrđivanjem vrijednosti svježe i suhe nadzemne mase po svakom tretmanu.

4.2.3.1. Vizualna ocjena učinka na šćir

Tablica 28 prikazuje analizu varijance za vizualnu ocjenu učinka na šćir.

Tablica 28. *Analiza varijance za subjektivnu ocjenu učinka na šćir u kontroliranim uvjetima*

Izvor varijabilnosti	**n-1**	**SS**	**s^2**	**Fexp**	**F-test**
Repeticija	2	60,49	30,25		
Doza	5	384 456,67	76891,33	3483,96	**
Tretman	11	70064,31	6369,48	288,60	**
Doza x Tretman	55	21916,01	398,47	18,05	**
Greška (a)	142	3133,95	22,07	1,00	
Vrijeme	2	131130,63	65565,32	2396,97	**
Greška (b)	4	109,41	27,35	1,23	
Doza x Vrijeme	10	26522,61	2652,26	119,64	**
Tretman x Vrijeme	22	22274,00	1012,45	45,67	**
Doza x Tretman x Vrijeme	110	10483,87	95,31	4,30	**
Greška (c)	284	6296,14	22,17		
Ukupno	647	676448,11			

** - signifikantno ($p \leq 0,01$)

Iz tablice 28 vidljivo je da je kod vizualnih ocjena učinka doza topramezona i kombinacija adjuvanata na šćir utvrđena visokosignifikantna ($p \leq 0,01$) razlika između doza topramezona, adjuvanata te interakcija doza x adjuvant. Utvrđena je i visokosignifikantna razlika s obzirom na vrijeme utvrđivanja herbicidnog učinka (7, 14 i 21 dan). Za interakcije doza topramezona x vrijeme očitanja, adjuvant x vrijeme očitanja te doza x adjuvant x vrijeme očitanja također su utvrđene visokosignifikantne razlike. U tablici 29 prikazani su prosječni učinci kombinacija doza topramezona u interakciji s adjuvantom s obzirom na vrijeme očitanja.

Tablica 29. *Prosječne vrijednosti oštećenja biljaka šćira u odnosu na istraživane tretmane i na vrijeme ocjenjivanja u kontroliranim uvjetima*

	Topramezon (g d.t. ha^{-1})																	
	0			**8,25**			**16,5**			**33,0**			**66,0**			**132,0**		
Vrijeme / Adjuvant	**7**	**14**	**21**	**7**	**14**	**21**	**7**	**14**	**21**	**7**	**14**	**21**	**7**	**14**	**21**	**7**	**14**	**21**
bez adjuvanata	0,0	0,0	0,0	13,3	5,0	3,3	15,0	16,7	23,3	25,0	16,7	23,3	36,7	33,3	36,7	33,3	40,0	40,0
COC	0,0	0,0	0,0	43,3	46,7	70,0	53,3	50,0	70,0	53,3	70,0	81,7	53,3	73,3	70,0	56,7	76,7	83,3
COC + UAN	0,0	0,0	0,0	36,7	73,3	70,0	46,7	80,0	70,0	50,0	80,0	80,0	60,0	80,0	80,0	60,0	80,0	83,3
COC + AMS	0,0	0,0	0,0	30,0	73,3	86,7	30,0	76,7	86,7	30,0	80,0	83,3	43,3	80,0	83,3	43,3	80,0	80,0
MSO	0,0	0,0	0,0	30,0	83,3	86,7	40,0	81,7	83,3	50,0	88,3	96,7	40,0	80,0	90,0	46,7	83,3	86,7
MSO + UAN	0,0	0,0	0,0	36,7	66,7	80,0	43,3	81,7	90,0	50,0	83,3	95,0	50,0	83,3	90,0	40,0	76,7	90,0
MSO + AMS	0,0	0,0	0,0	40,0	70,0	90,0	40,0	70,0	90,0	40,0	76,7	90,0	40,0	73,3	88,3	40,0	76,7	90,0
NIS	0,0	0,0	0,0	36,7	36,7	76,7	40,0	46,7	83,3	43,3	80,0	93,3	40,0	76,7	90,0	43,3	80,0	90,0
NIS + UAN	0,0	0,0	0,0	36,7	70,0	83,3	36,7	68,3	83,3	46,7	70,0	83,3	46,7	81,7	96,7	43,3	80,0	93,3
NIS + AMS	0,0	0,0	0,0	40,0	86,7	90,0	43,3	80,0	90,0	46,7	81,7	90,0	43,3	80,0	93,3	46,7	80,0	90,0
UAN	0,0	0,0	0,0	33,3	80,0	83,3	33,3	76,7	73,3	36,7	90,0	90,0	36,7	85,0	91,7	40,0	90,0	93,3
AMS	0,0	0,0	0,0	36,7	80,0	90,0	40,0	80,0	90,0	40,0	78,3	90,0	40,0	80,0	90,0	43,3	80,0	90,0
$LSD_{0,05}$	7,56																	
$LSD_{0,05}$†	7,55																	
$LSD_{0,05}$††	7,58																	
$LSD_{0,05}$†††	7,55																	
$LSD_{0,05}$††††	7,55																	

† unutar istog vremena; †† unutar iste doze i tretmana; ††† unutar iste doze i vremena ocjenjivanja; †††† unutar istog tretmana i vremena ocjenjivanja

Kao što pokazuje tablica 29, kod tretmana gdje nije primijenjen herbicid (**doza topramezona 0 g d.t. ha^{-1}**) nego samo tretmani s adjuvantima, nije utvrđen herbicidni učinak na šćir ni jednog adjuvanta, odnosno kombinacije adjuvanata.

Kod tretmana s najnižom **dozom (8,25 g d.t. ha^{-1}) topramezona** dobivene su signifikantne razlike između stupnja oštećenja biljaka šćira u odnosu na istraživani tretman (adjuvant) i u odnosu na vrijeme ocjenjivanja stupnja oštećenja. Najniža doza topramezona primijenjena bez adjuvanta iskazala je zanemariv herbicidni učinak na biljke šćira. Čak štoviše, simptomi inicijalnog djelovanja (13,3%) kroz vrijeme su se izgubili, odnosno došlo je do regeneracije biljaka te je tri tjedna nakon tretiranja utvrđeno oštećenje od svega 3,3%. Kad je topramezon u najnižoj istraživanoj dozi primijenjen u kombinaciji s adjuvantima, utvrđeno je inicijalno djelovanje svih kombinacija bolje od 30%. Konačnom ocjenom oštećenja (21 dan nakon tretiranja) potvrđen je dobar inicijalni učinak svih istraživanih adjuvanata u kombinaciji s najnižom dozom topramezona te su svi tretmani zabilježili učinak bolji od 70%. Prema prikazanim rezultatima u tablici 29, zaključno se za primjenu osmine doze herbicida topramezona i dodavane adjuvante u suzbijanju korovne vrste šćira može reći da se primjenom ove doze i odgovarajućeg adjuvanta može uspješno suzbiti ova nepoželjna vrsta u usjevu kukuruza. Naime, dodavani adjuvanti su herbicidu povećali učinak za od 66,7 (COC i COC+UAN) do 86,7 (MSO+AMS, NIS+AMS i AMS) postotaka, čime je potvrđena hipoteza da adjuvanti svojim funkcijama povećavaju učinak reduciranim dozama herbicida.

Kad se analiziraju rezultati **¼ (16,5 g d.t. ha^{-1}) preporučene doze** (66 g d.t. ha^{-1}), konačni učinci na šćir se znatno ne popravljaju. Učinak navedene doze primijenjene bez adjuvanata nije značajno poboljšan te je iznosio 23,3% tri tjedna nakon tretiranja. Iz tablice 29 vidljivo je da se učinak svih drugih kombinacija četvrtine doze topramezona u kombinaciji s adjuvantima popravlja s prolazom vremena za od 16,7% (COC) do 50,0% (MSO+AMS i AMS). Sve kombinacije topramezona u dozi 16,5 g d.t. ha^{-1} i adjuvanata su iskazale učinak bolji od zadovoljavajućeg (>70%).

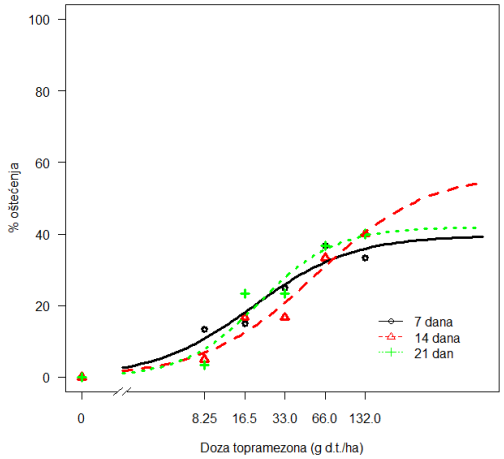
Kad je u istraživanju na šćir primijenjeno **½ preporučene doze (33 g d.t. ha^{-1})** u kombinaciji s istraživanim adjuvantima (i kombinacijama adjuvanata) konačni herbicidni učinci istih tretmana nisu bili znatno bolji od učinka s ¼ preporučene doze (16,5 g d.t. ha^{-1}) uz pomoć adjuvanata. Učinak navedene doze primijenjene bez adjuvanata nije značajno poboljšan te je iznosio 23,3% tri tjedna nakon tretiranja. Učinak svih drugih kombinacija polovine doze topramezona s adjuvantima popravlja se s prolazom vremena za od 28,4% (COC) do 53,3% (COC+AMS i UAN). Sve kombinacije topramezona u dozi 33 g d.t. ha^{-1} i adjuvanata su iskazale učinak bolji od zadovoljavajućeg (>70%).

Preporučena doza herbicida u ovom istraživanju **66 g d.t. ha^{-1} topramezona** primjenjena bez adjuvanata reducirala (oštetila) je nadzemnu masu šćira za svega 36,7%. Svim drugim kombinacijama preporučene doze topramezona i adjuvanata utvrđen je konačni učinak na šćir bolji od zadovoljavajućeg (>70%) i poboljšanje učinka s prolaskom vremena.

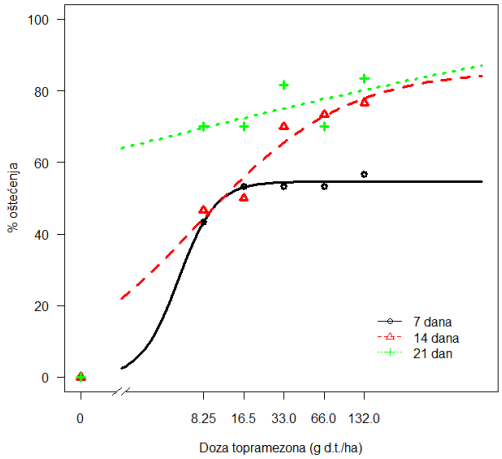
Što se tiče **dvostruko veće doze (132 g d.t. ha^{-1})** od preporučene učinak na šćir bio je bolji od zadovoljavajućeg na svim tretmanima gdje su primijenjeni adjuvanti i iznosio je više od 80%. Konačni učinak dvostruke doze topramezona bez adjuvanata je bio loših 40%.

Kod utvrđivanja učinka istraživanih tretmana metodom subjektivne vizualne ocjene oštećenja nadzemne mase biljaka šćira iz prikazanih rezultata je vidljivo da su svi adjuvanti i s najnižom dozom topramezona postigli zadovoljavajuće učinke na šćir.

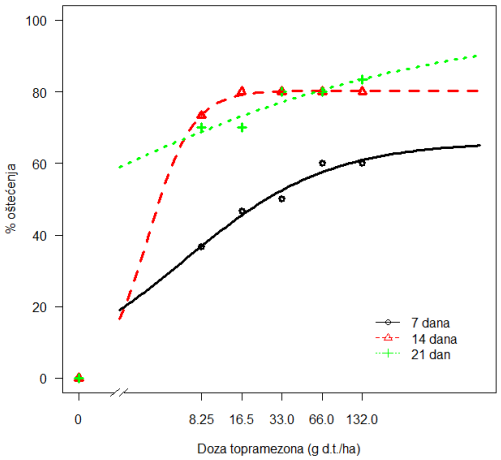
Grafikonima (od 49 do 60) u nastavku teksta cilj je prikazati trendove osjetljivosti šćira u odnosu na istraživane doze topramezona, dodavane adjuvante i u odnosu na vrijeme ocjenjivanja.



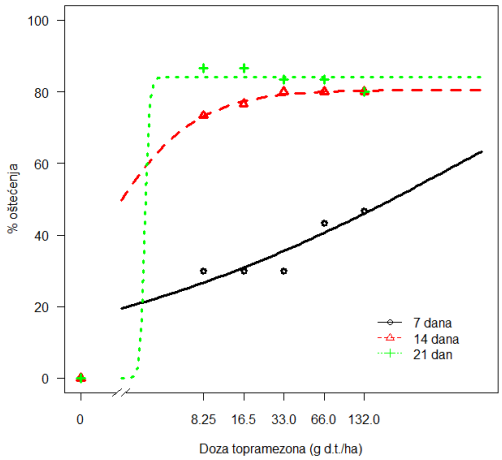
Grafikon 49. *Učinak topramezona bez adjuvanata na šćir*



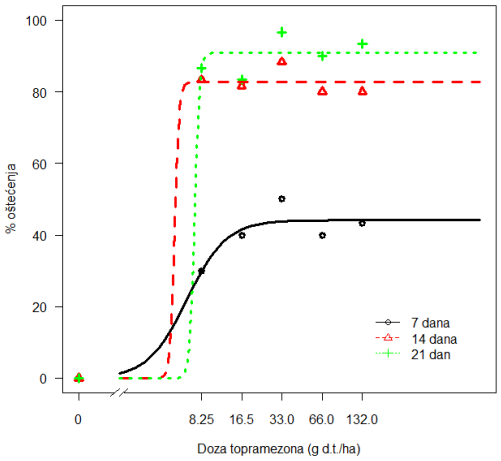
Grafikon 50. *Učinak kombinacije topramezon + COC na šćir*



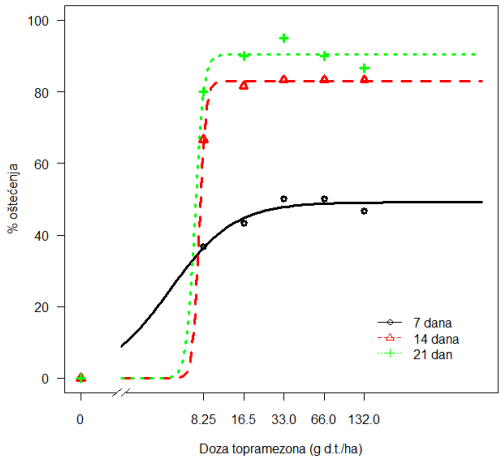
Grafikon 51. *Učinak kombinacije topramezon + COC + UAN na šćir*



Grafikon 52. *Učinak kombinacije topramezon + COC + AMS na šćir*



Grafikon 53. *Učinak kombinacije topramezon + MSO na šćir*



Grafikon 54. *Učinak kombinacije topramezon + MSO + UAN na šćir*

Na osnovi podataka u tablici 29, izvedene su krivulje osjetljivosti šćira na doze topramezona i kombinacije adjuvanata. Krivulje su izvedene na osnovi triju parametara, s obzirom da je učinak pri dozi topramezona 0 g d.t. ha^{-1} za sve istraživane kombinacije bio 0%. Vrijednosti parametara na osnovi kojih su izvedene krivulje nalaze se u tablici u prilogu.

U grafikonu 49 prikazana je osjetljivost šćira na topramezon kojemu nisu dodani adjuvanti 7, 14 i 21 dan nakon tretiranja. Osjetljivost šćira povećavala se s dozom topramezona, ali je smanjen učinak ovisno o vremenskom periodom nakon tretiranja. Tako je dva tjedna nakon tretiranja procijenjena maksimalna vrijednost učinka 57,1%, a tri tjedna nakon tretiranja 41,9%.

Grafikonom 50 prikazana je osjetljivost šćira na kombinaciju topramezon+COC. Tjedan dana nakon tretiranja procijenjen je maksimalan učinak oko 54,6%. Nakon drugoga

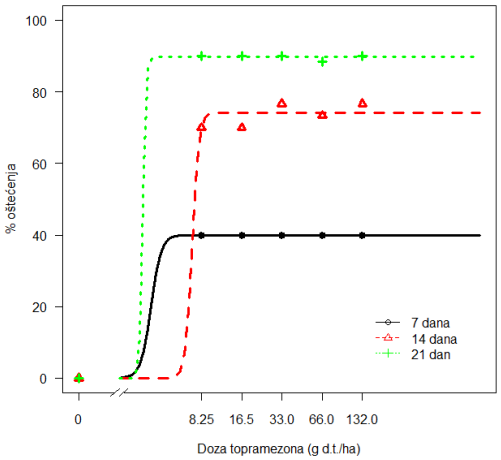
tjedna učinak raste do 85,8%, da bi nakon narednih tjedan dana (treća ocjena) došlo do još značajnijeg rasta te je procijenjeni maksimalni učinak navedene krivulje 117,5%.

Grafikon 51 prikazuje učinak kombinacije topramezon+COC+UAN na šćir. Iz grafikona 51 razvidno je da, kod krivulje dobivene sedam dana nakon tretiranja, poboljšanje učinka na šćir raste s povećanjem doze topramezona. Krivulje osjetljivosti šćira dobivene nakon dva i tri tjedna značajno su okomitije i vidljiv je poboljšan učinak. Razlike u učinku topramezona na šćir u dozama od 33 i 66 g d.t. ha^{-1} u kombinaciji s COC+UAN-om nije bilo 14 i 21 dan nakon tretiranja, a procijenjene maksimalne vrijednosti su 80,3% za krivulju 14 dana i 98,7% za krivulju 21 dan.

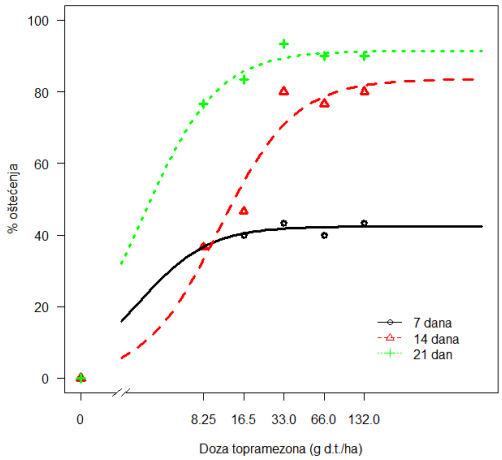
Grafikon 52 prikazuje osjetljivost šćira na kombinaciju topramezon+COC+AMS. Nakon tjedan dana vidljivo je gotovo linearno povećanje učinka s povećanjem doze topramezona. Krivulje formirane 14 i 21 dan nakon tretiranja gotovo su paralelne te se bilježi maksimalna procijenjena vrijednost učinka na šćir od 80,5% kod ocjenjivanja 14 dana nakon tretiranja i 84,0% za ocjenjivanje 21 dan nakon tretiranja. Kod krivulje 14 dana nakon ocjenjivanja vidljivo je da su učinci od polovine preporučene do dvostruke preporučene doze topramezona iznosili 80,0%.

Primjenom kombinacije topramezon+MSO (grafikon 53) najslabiji je učinak utvrđen sedam, a najbolji 21 dan nakon tretiranja. Vidljivo je da su krivulje osjetljivosti šćira na kombinaciju topramezon+MSO na doze topramezona veće od 8,25 g d.t. ha^{-1} paralelne za očitanje 14 i 21 dana nakon tretiranja. Procijenjena maksimalna vrijednost učinka na šćir za krivulju 14 dana je 82,7%, dok je za krivulju 21 dan nakon tretiranja 90,8%.

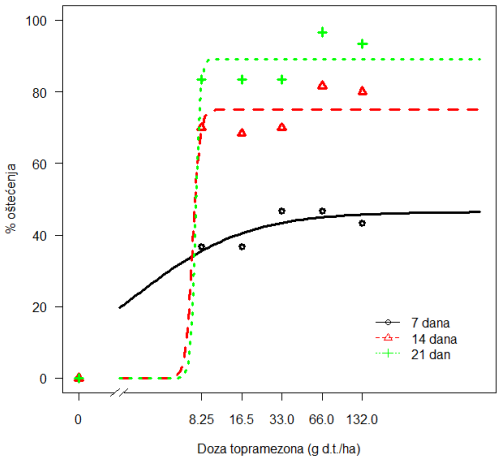
Kako je odmicalo vrijeme (grafikon 54), učinak kombinacije topramezon+MSO+ UAN na šćir bio je značajno veći. Iz grafikona 54 vidljivo je da su krivulje osjetljivosti šćira 14 dana i 21 dan nakon tretiranja vodoravne iza osmine preporučene doze topramezona (8,25 g d.t. ha^{-1}). Maksimalna procijenjena vrijednost redukcije za krivulju 14 dana iznosi 82,9%, a za krivulju 21 dan 90,4%.



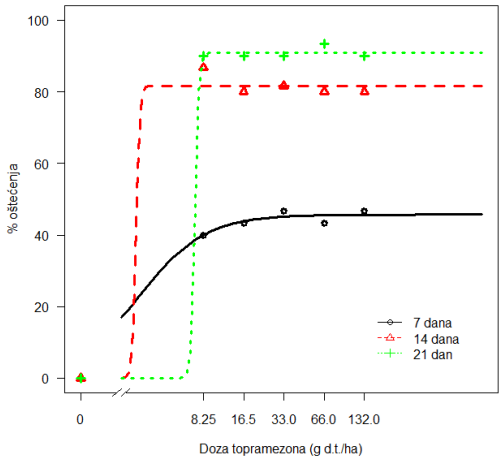
Grafikon 55. *Učinak kombinacije topramezon + MSO + AMS na šćir*



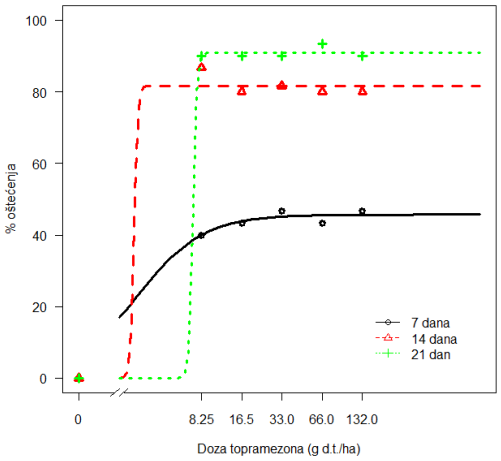
Grafikon 56. *Učinak kombinacije topramezon + NIS na šćir*



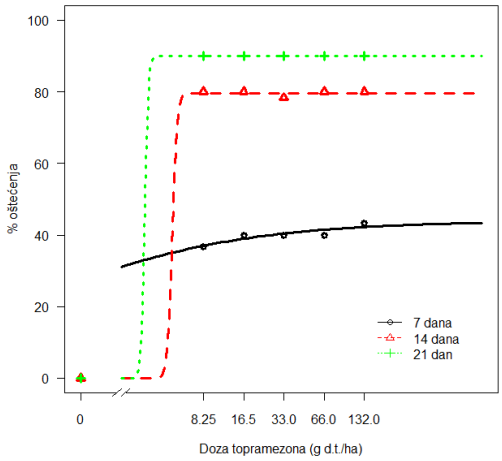
Grafikon 57. *Učinak kombinacije topramezon + NIS + UAN na šćir*



Grafikon 58. *Učinak kombinacije topramezon + NIS + AMS na šćir*



Grafikon 59. *Učinak kombinacije topramezon + UAN na šćir*



Grafikon 60. *Učinak kombinacije topramezon + AMS na šćir*

Učinak kombinacije topramezon+MSO+AMS na šćir prikazan je u grafikonu 55. Iz grafikona je vidljivo da je šćir osjetljiv na istraživanu kombinaciju i u najmanjoj dozi topramezona. Krivulje 7, 14 i 21 dan nakon tretiranja gotovo su paralelne, a njihove procijenjene maksimalne vrijednosti učinka na šćir iznose 40,0% za sedam dana, 74,2% za 14 dana i 89,7% za 21 dan nakon tretiranja.

Kod kombinacije topramezon+NIS vidljiv je blaži kut krivulja (grafikon 56) u odnosu na one kojima je dodano dušično gnojivo. Tako je i maksimalna procijenjena vrijednost učinka na šćir za krivulju sedam dana nakon tretiranja 46,5%, za krivulju 14 dana 83,5%, dok je za krivulju 21 dan 91,4%. Kod krivulja 14 i 21 dan nakon tretiranja učinak na šćir raste do polovine preporučene doze topramezona (33 g d.t. ha^{-1}), a na svim većim istraživanim dozama nema signifikantnog povećanja učinka na šćir.

Grafikon 57 prikazuje osjetljivost šćira na kombinaciju topramezon+NIS+UAN. Vidljivo je da su krivulje 14 dana i 21 dan nakon tretiranja okomitog rasta do doze topramezona od 8,25 g d.t. ha^{-1}, a nakon te doze postaju gotovo paralelne. Maksimalan procijenjen učinak istraživane kombinacije na šćir za krivulju 14 dana je 75,0%, a za krivulju 21 dan 89,2%.

Osjetljivost šćira na kombinaciju topramezon+NIS+AMS prikazana je na grafikonu 58. Uočljiv je okomiti rast krivulja formiranih 14 i 21 dan nakon tretiranja. Navedene krivulje nakon doze 8,25 g d.t. ha^{-1} topramezona postaju paralelne. Krivulja 14 dana nakon tretiranja ima maksimalnu vrijednost učinka na šćir 81,7%, dok krivulja 21 dan nakon tretiranja ima maksimalnu vrijednost 91,8%.

Grafikon 59 prikazuje osjetljivost šćira na kombinaciju topramezon+UAN. Iz navedenog je grafikona vidljivo da su sve tri krivulje paralelne nakon doze 8,25 g d.t. ha^{-1}, odnosno da je osjetljivost šćira na navedenu kombinaciju vrlo visoka. Između krivulja 14 i 21 dan nakon tretiranja utvrđena je neznatna razlika u maksimalnom procijenjenom učinku na šćir koji iznosi 85,4% za 14 dana, odnosno 87,1% za 21 dan nakon tretiranja.

Kod kombinacije topramezon+AMS (grafikon 60) uočljiva je značajna osjetljivost šćira i na osminu doze topramezona 8,25 g d.t. ha^{-1}. Vidljivo je da se usprkos povećanju doze topramezona učinak na šćir ni na jednoj krivulji ne povećava. Tako maksimalna procijenjena redukcija šćira za krivulju 14 dana iznosi 79,7%, a za krivulju 21 dan 90,0%.

4.2.3.2. Učinak na svježu masu šćira

Učinak kombinacija različitih doza topramezona i adjuvanata na šćir, osim vizualnom ocjenom oštećenja šćira, utvrđivan je i kroz redukciju mase svježe nadzemne mase u odnosu na nadzemnu masu netretiranih biljaka.

Tablica 30. *Analiza varijance za svježu masu šćira u kontroliranim uvjetima*

Izvor varijabilnosti	**n-1**	**SS**	**s^2**	**Fexp**	**F-test**
Doza	5	373,92	74,18	84,48	**
Adjuvant	11	87,34	7,94	9,04	**
Doza × Adjuvant	55	87,46	1,59	1,81	*
Greška	144	126,45	0,88		
Ukupno	215	672,18			

* - signifikantno ($p \leq 0,05$), ** - signifikantno ($p \leq 0,01$)

Kao što je vidljivo iz tablice 30, utvrđena je signifikantna razlika na masu svježe mase šćira između doza topramezona, adjuvanata i interakcija adjuvant x doza.

Tablica 31. *Srednje vrijednosti mase svježe mase šćira ovisno o dozama topramezona i adjuvantima u kontroliranim uvjetima*

Adjuvant	**Topramezon (g d.t. ha^{-1})**						$\overline{X}$ **Adjuvant**
	0	**8,25**	**16,5**	**33,0**	**66,0**	**132,0**	
Bez adjuvanta	4,42	5,24	2,72	3,30	2,41	1,23	3,22
COC	7,56	1,17	1,29	0,59	1,30	0,63	2,09
COC + UAN	6,29	1,07	0,77	0,88	0,71	0,39	1,69
COC + AMS	3,36	0,55	0,47	0,64	0,80	0,73	1,09
MSO	4,29	0,69	1,86	0,28	1,15	0,51	1,46
MSO + UAN	3,66	1,15	0,40	0,28	0,45	0,70	1,11
MSO + AMS	3,93	0,54	0,54	0,35	0,35	0,55	1,04
NIS	2,64	1,39	0,62	0,24	0,65	0,48	1,00
NIS + UAN	3,84	0,76	1,04	0,88	0,43	0,43	1,23
NIS + AMS	4,82	0,35	0,45	0,53	0,35	0,49	1,17
UAN	3,67	1,18	1,12	0,23	0,43	0,19	1,14
AMS	3,28	0,28	0,35	0,32	0,34	0,22	0,80
$\overline{X}$ Doza	4,31	1,20	0,97	0,71	0,78	0,55	
$LSD_{0,05}$ Doza	0,44						
$LSD_{0,05}$ Adjuvant	0,62						
$LSD_{0,05}$ Doza × Adjuvant	1,51						

Iz prikazanih podataka je vidljivo da je utvrđena signifikantna razlika između masa svježe mase šćira čak i između tretmana na kojima nije primijenjen herbicid (doza topramezona 0 g d.t. ha^{-1}). Prosječna masa svježe mase šćira svih istraživanih adjuvanata gdje nije primijenjen herbicid bila je 4,31 g, varirala je od 2,64 g (na tretmanu NIS) do 7,56 g (COC). Nadzemna masa šćira gdje nije primijenjen ni herbicid ni adjuvant iznosila je 4,42 g. Budući da na tretmanima na kojima nije primijenjen herbicid vizualnim ocjenama nije zabilježen fitotoksični učinak adjuvanata, može se zaključiti da su navedene razlike u masi svježe mase šćira nastale zbog morfoloških razlika između biotipova unutar populacije šćira. Međutim, to nije bilo predmetom istraživanja.

Kod primijenjene doze topramezona od 8,25 g d.t. ha^{-1} prosječna utvrđena masa svježe mase šćira bila je 1,20 g. Najveća je utvrđena masa bila 5,24 g na tretmanu gdje ovoj dozi nije dodan adjuvant. Statistički opravdano najniža masa od 0,28 do 1,39 g je utvrđena na svim istraživanim kombinacijama navedene doze topramezona i adjuvanata.

Istraživana doza od 16,5 g d.t. ha^{-1} izazvala je prosječnu masu svježe mase šćira 0,97 g. Najveća utvrđena masa od 2,72 g kod ove doze topramezona utvrđena je kad je primijenjen bez adjuvanta, a statistički opravdano najniža od 0,40 do 1,86 g kad je primijenjen u kombinaciji s nekim od adjuvanata.

Prosječna masa svježe mase šćira tretirana topramezonom u dozi 33 g d.t. ha^{-1} padala je u odnosu na niže doze i iznosila je 0,71 g. Najveća masa svježe mase šćira kod kombinacije polovične doze topramezona od 3,3 g utvrđena je kod tretmana gdje herbicidu nije dodan adjuvant, dok kod kombinacije s adjuvantima nije utvrđena statistički opravdana razlika i masa je iznosila od 0,23 do 0,88 g.

Kod preporučene doze topramezona (66 g d.t. ha^{-1}) prosječna utvrđena masa svježe mase šćira je 0,78 g. Najveća utvrđena masa svježe mase šćira od ove doze topramezona od 2,41 g utvrđena je kad joj nije dodan adjuvant, a najmanja se nije statistički opravdano razlikovala, te je iznosila od 0,34 do 1,30. Statistički opravdano najmanja masa šćira je utvrđena na svim tretmanima gdje je preporučenoj dozi topramezona dodan adjuvant.

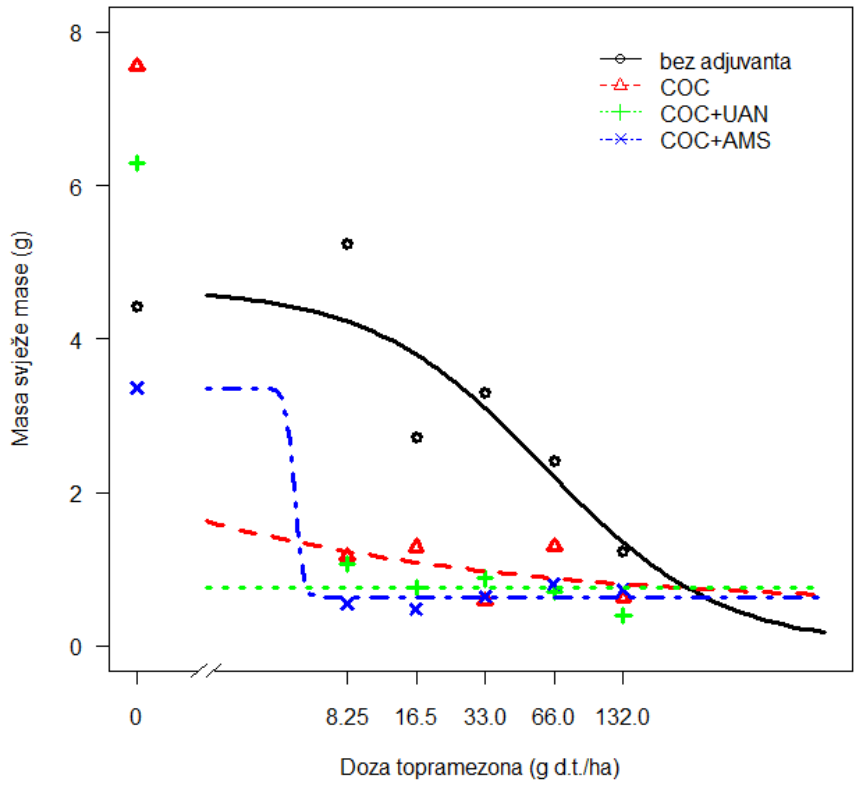
Na tretmanima gdje je primijenjena dvostruko veća doza topramezona od preporučene (132 g d.t. ha^{-1}), utvrđena prosječna masa svježe mase šćira bila značajno je smanjena te je iznosila 0,55 g. Uzrok tome je značajno smanjenje od 1,18 g mase u odnosu na dvostruko manju, preporučenu dozu na tretmanu gdje nije primijenjen adjuvant. Statistički opravdane razlike između svih utvrđenih masa šćira na navedenoj dozi topramezona nije bilo i iznosile su od 0,19 do 1,23 g.

Najniža prosječna masa svježe mase šćira neovisno o dozi topramezona utvrđena je kod primjene adjuvanata AMS-a (0,80 g), NIS-a (1,0 g), MSO+AMS-a (1,04 g), COC+AMS-a (1,09), MSO+UAN-a (1,11 g), UAN-a (1,14 g), NIS+AMS-a (1,17 g) i NIS+UAN-a (1,23 g), dok je najveća masa utvrđena kad herbicidu nije dodan adjuvant (3,22 g) te kad su dodavani COC (2,09 g), COC+UAN (1,69 g) i MSO (1,46 g).

Prosječna masa tretmana gdje je primijenjena najniža doza herbicida u odnosu na masu gdje nije primijenjen herbicid reducirana je za 72,2% kod ¼ preporučene doze topramezona za 77,5%, a kod polovične doze za 83,5%. Kod pune i dvostruko veće doze redukcija nije značajno porasla i iznosila je 81,9, odnosno 87,2%.

Grafikoni od 61 do 64 prikazuju osjetljivost šćira na istraživane tretmane u odnosu na dozu topramezona i u odnosu na dodavane adjuvante u škropivo. Kako je u poglavlju Materijali i metode navedeno, istraživani su adjuvanti iz tri skupine: COC (*Crop oil concentrate*), MSO (*Methyilated sulfonated oil*), NIS (*Non ionic surfactant*) i dušična gnojiva kao adjuvanti (UAN i AMS). Stoga su grafikoni prikazani prema navedenom.

Na osnovu krivulja (modela osjetljivosti) u grafikonima od 61 do 64 izračunata je GR_{90} vrijednost odnosno određena je doza topramezona koja je u kombinaciji s adjuvantima potrebna za redukciju 90% mase svježe nadzemne mase šćira.



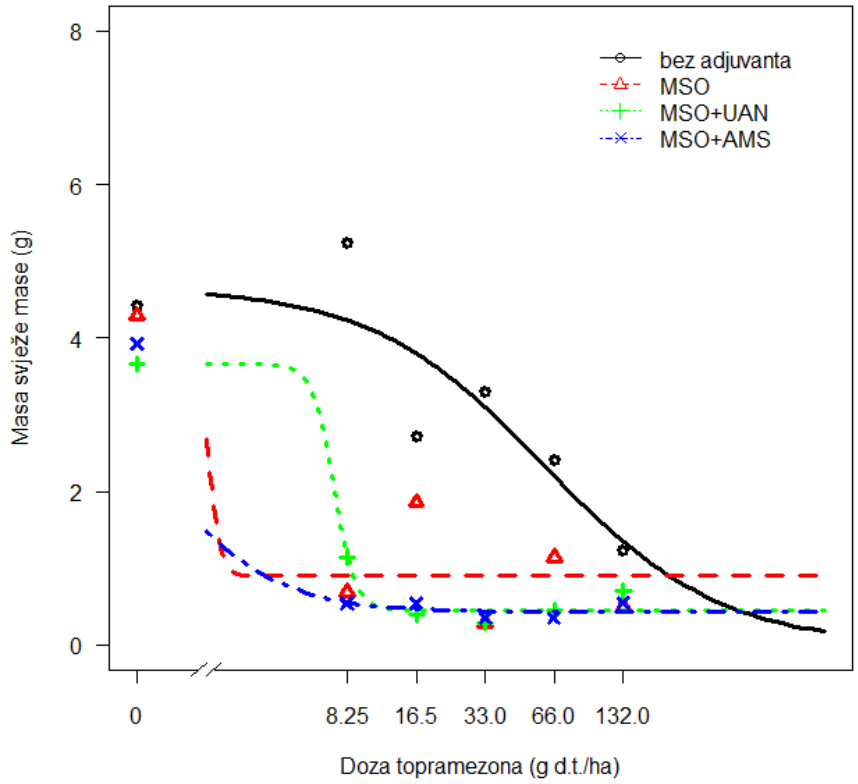
Grafikon 61. *Redukcija mase svježe mase šćira u odnosu na dozu topramezona i adjuvante COC, COC + UAN i COC + AMS*

Grafikon 61 prikazuje *model osjetljivosti* šćira izražen kroz redukciju svježe mase na doze topramezona bez adjuvanata i u kombinaciji s COC-om i dušičnim gnojivima.

Na osnovi prikazanih krivulja modelirane su i GR_{90} vrijednosti istraživanih tretmana. Prema krivulji koja označava herbicid kad mu nije dodan adjuvant razvidno je da povećanjem doze topramezona raste i učinak na svježu masu šćira. Tako je redukcija u odnosu na prosječnu masu šćira svih tretmana na kojima nije primijenjen topramezon od osmine do preporučene doze iznosila 0, odnosno 44,1%, dok je tek kod dvostruke doze zabilježen zadovoljavajući učinak od 71,5%. Kako je vidljivo iz grafikona 61 učinak osmine preporučene doze kad je topramezon primijenjen s adjuvantom COC iznosi 72,9%. Dodatkom dušičnog gnojiva UAN-a navedenoj kombinaciji učinak neznatno raste na 75,2%, dok AMS poboljšava učinak kombinacije za 14,3 postotaka. Iz krivulja se može uočiti učinak veći od 86% kad je topramezon primijenjen u polovičnoj dozi u kombinaciji s COC-om. Povećanjem doze topramezona od ¼ preporučene učinak kombinacija s COC-om i dušičnim gnojivima na masu svježe mase šćira se značajno ne poboljšava.

Na osnovi krivulja (grafikon 61) izračunata je GR_{90} vrijednost. GR_{90} vrijednost za topramezon bez adjuvanata iznosi 406,81 g, kombinaciju s COC-om 8,05 g, COC + UAN 1,09 g te COC + AMS 5,28 g d.t. ha^{-1} topramezona.

Osjetljivost mase svježe mase šćira na istraživane doze topramezona bez adjuvanata i s adjuvantima MSO, MSO+UAN i MSO+AMS prikazana je krivuljama u grafikonu 62.



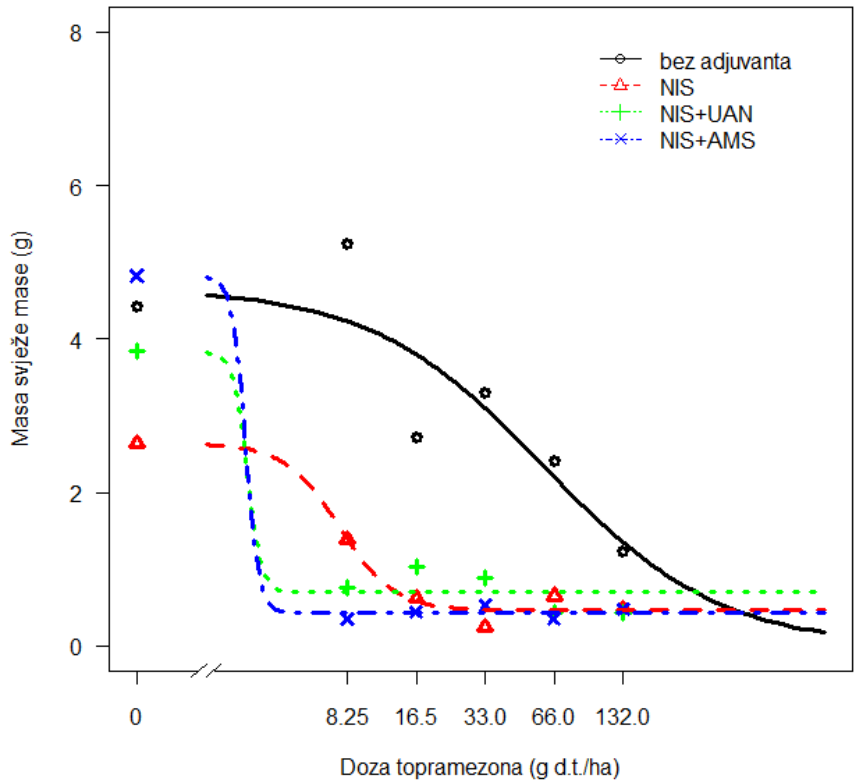
Grafikon 62. *Redukcija mase svježe mase šćira u odnosu na dozu topramezona i adjuvante MSO, MSO + UAN i MSO + AMS*

Kad je s adjuvantom (MSO) primijenjena najniža doza herbicida učinak na redukciju svježe nadzemne mase šćira je bio 84,0%. Polovična doza topramezona (33 g d.t. ha^{-1}) u kombinaciji s MSO-om reducirala je masu 93,5%. Iz krivulje je vidljivo da povećavanjem doze topramezona iznad polovične učinak kombinacije s MSO-om na nadzemnu masu šćira se ne poboljšava. Kad je adjuvant MSO kombiniran s dušičnim gnojivom AMS uz istraživane doze topramezona, utvrđen je značajno bolji učinak na redukciju svježe mase biljaka šćira. Tako je ova kombinacija adjuvanata već i s najnižom dozom topramezona (8,25 g d.t. ha^{-1}) na redukciju nadzemne mase postigla 87,5%. Učinak ove kombinacije adjuvanata (MSO+AMS) s dvostruko većom dozom od prethodne (16,5 g d.t. ha^{-1}, odnosno ¼ preporučene doze) bio je isti (87,5%), dok je učinak polovične i preporučene doze prethodno navedene kombinacije bio

91,9%. Iz trenda kretanja krivulje vidljivo je da daljnje povećanje doze herbicida nije utjecalo na povećanje redukcije svježe mase šćira. Kad je istraživanim dozacijama topramezona uz adjuvant MSO dodavan UAN, kod najniže istraživane doze herbicida (8,25 g d.t. ha^{-1}) vidljivo je da je ova kombinacija adjuvanata postigla zadovoljavajući učinak (73,3%) na redukciju mase šćira. Međutim, već kod ¼ preporučene doze (16,5 g d.t. ha^{-1}) redukcija mase svježe mase šćira iznosila je 90,7%.

Ovo je potvrđeno i modeliranim krivuljama na osnovu kojih je određena i GR_{90} doza topramezona. Procijenjene GR_{90} vrijednosti su 2,33 g za MSO, 9,08 g za MSO + UAN i 4,40 g d.t. ha^{-1} za MSO + AMS.

Treći istraživani adjuvant iz skupine NIS i s dušičnim gnojivima kao pomoćnim sredstvima herbicidu topramezonu u usporedbi s tretmanima gdje nije dodavan adjuvant prikazan je u grafikonu 63.



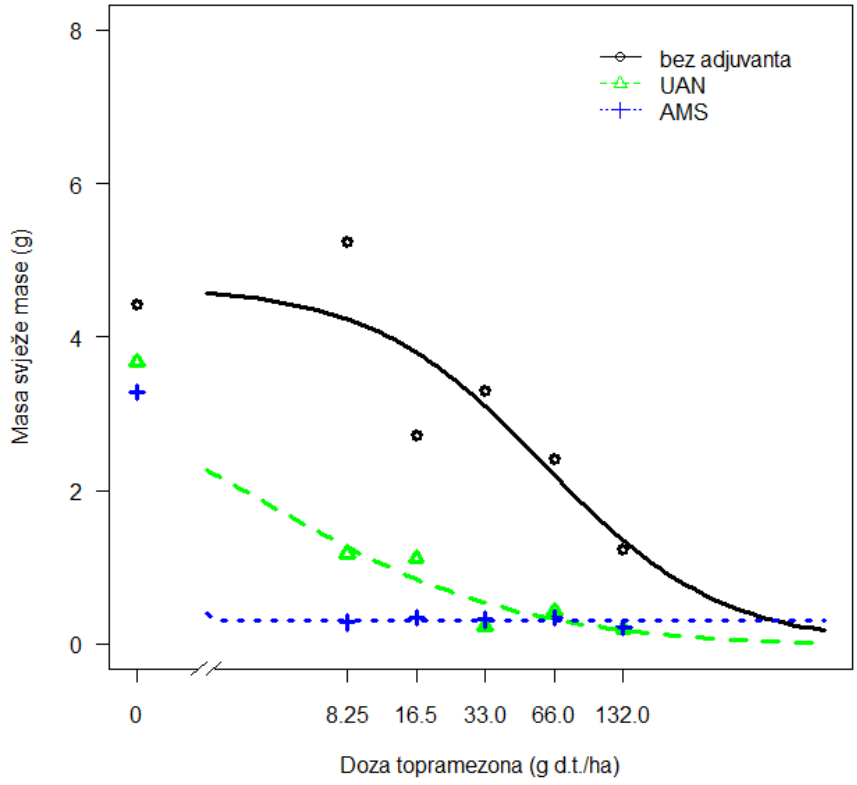
Grafikon 63. *Redukcija mase svježe mase šćira u odnosu na dozu topramezona i adjuvante NIS, NIS + UAN i NIS +AMS*

Iz trendova kretanja krivulja u grafikonu i podataka u tablici 31 vidljivo je da kad se najnižoj dozi topramezona doda NIS adjuvant redukcija mase iznosi oko 67,7%, dok ista doza

u kombinaciji NIS+UAN i NIS+AMS reducira masu šćira 82,4, odnosno 91,9%. Povećanjem doze na 16,5 g d.t. ha^{-1} uz adjuvant NIS učinak je povećan na 85,6%, odnosno za 18 postotaka više nego kad je ista doza herbicida primijenjena bez adjuvanata. Iz trendova kretanja krivulja na grafikonu 63 vidljivo je da daljnje povećanje doze herbicida uz primjenu kombinacije NIS-a i dušičnih gnojiva nije značajno utjecalo na povećanje redukcije nadzemne mase šćira.

Prema modelu izračuna osjetljivosti procijenjene su GR_{90} vrijednosti za NIS 13,82 g, dok su za kombinacije NIS-a s dušičnim gnojivima gotovo trostruko niže te iznose 3,50 g za NIS + UAN i 3,43 g d.t. ha^{-1} za NIS + AMS.

U istraživanju su kao adjuvanti, osim u kombinaciji s adjuvantima COC, MSO i NIS, dušična gnojiva korištena i zasebno što je i prikazano u grafikonu 64.



Grafikon 64. *Redukcija mase svježe mase šćira u odnosu na dozu topramezona i adjuvante* UAN i AMS

Iz kretanja krivulja u grafikonu je vidljivo da su dušična gnojiva iskazala pozitivan utjecaj kao pomoćno sredstvo istraživanim, osobito nižim dozama herbicida. AMS je u tom smislu iskazao bolji učinak. Tako je redukcija nadzemne mase šćira u kombinaciji s najnižom dozom herbicida i AMS-om iznosila odličnih 93,5%, a u kombinaciji s UAN-om zadovoljavajućih 72,6% u odnosu na prosječnu masu netretiranih biljaka šćira. Povećanjem

doze herbicida na 33 g d.t. ha^{-1} učinak s UAN-om je porastao na 94,7%. Iz trenda kretanja krivulja vidljivo je da se učinak na redukciju mase nadzemne mase šćira ne povećava povećanjem doze topramezona iznad osmine kod kombinacije s AMS-om, odnosno iznad polovine kod kombinacije s UAN-om.

Prema modelu izračuna osjetljivosti procijenjene GR_{90} vrijednosti iznose za UAN 61,84 g, a za AMS 1,85 g d.t. ha^{-1} topramezona.

4.2.3.3. Učinak na masu suhe tvari šćira

Jedan od parametara kojima su utvrđivani učinci tretmana u ovom istraživanju je bio utvrđivanje učinka na redukciju mase suhe tvari šćira.

U tablici 32 prikazana je statistička obrada utvrđenih vrijednosti mase suhe tvari u odnosu na dozu herbicida i u odnosu na korištene adjuvante i kombinacije adjuvanata na temelju čega je izračunata interakcija doza x adjuvant.

Tablica 32. *Analiza varijance za masu suhe tvari šćira u kontroliranim uvjetima*

Izvor varijabilnosti	**n-1**	**SS**	**s^2**	**Fexp**	**F-test**
Doza	5	6,67	1,33	76,15	**
Adjuvant	11	1,56	0,14	8,07	**
Doza × Adjuvant	55	1,38	0,03	1,43	*
Greška	144	2,52	0,02		
Ukupno	215	12,13			

* - signifikantno ($p \leq 0,05$), ** - signifikantno ($p \leq 0,01$)

Kao što je vidljivo iz tablice 32, utvrđena je signifikantna razlika između doza topramezona i između adjuvanata, a također je utvrđena i visokosignifikantna interakcija adjuvant x doza topramezona. Tablica 33 prikazuje srednje vrijednosti mase suhe tvari šćira obzirom na istraživane doze topramezona i kombinacije adjuvanata.

Tablica 33. *Srednje vrijednosti mase suhe tvari šćira ovisno o dozama topramezona i adjuvantima u kontroliranim uvjetima*

Adjuvant	**Topramezon (g d.t. ha^{-1})**						$\overline{X}$ **Adjuvant**
	0	**8,25**	**16,5**	**33,0**	**66,0**	**132,0**	
Bez adjuvanta	0,71	0,76	0,45	0,51	0,32	0,17	0,49
COC	0,83	0,20	0,18	0,11	0,23	0,12	0,28
COC + UAN	0,56	0,15	0,12	0,19	0,13	0,08	0,21
COC + AMS	0,49	0,10	0,10	0,09	0,17	0,12	0,18
MSO	0,77	0,13	0,31	0,09	0,18	0,12	0,27
MSO + UAN	0,61	0,17	0,09	0,08	0,11	0,12	0,20
MSO + AMS	0,61	0,10	0,22	0,11	0,07	0,13	0,21
NIS	0,35	0,20	0,12	0,07	0,15	0,10	0,16
NIS + UAN	0,58	0,11	0,21	0,15	0,11	0,09	0,21
NIS + AMS	0,80	0,08	0,09	0,14	0,08	0,09	0,21
UAN	0,62	0,15	0,13	0,06	0,06	0,07	0,18
AMS	0,50	0,07	0,07	0,21	0,07	0,07	0,17
$\overline{X}$ Doza	0,62	0,19	0,17	0,15	0,14	0,11	
$LSD_{0,05}$ Doza	0,062						
$LSD_{0,05}$ Adjuvant	0,087						
$LSD_{0,05}$ Doza × Adjuvant	0,214						

Iz prikazanih podataka je vidljivo da je utvrđena signifikantna razlika između masa suhe tvari šćira čak i između tretmana na kojima nije primijenjen herbicid (doza topramezona 0 g d.t. ha^{-1}). Prosječna masa suhe tvari šćira svih istraživanih adjuvanata gdje nije primijenjen herbicid bila je 0,62 g. Varirala je od 0,35 g na tretmanu NIS do 0,83 g (COC). Nadzemna masa šćira gdje nije primijenjen ni herbicid ni adjuvant iznosila je 0,71 g. Budući da na tretmanima na kojima nije primijenjen herbicid vizualnim ocjenama nije zabilježen fitotoksični učinak adjuvanata, može se zaključiti da su navedene razlike u masi suhe tvari šćira nastale zbog morfoloških razlika između biotipova unutar populacije šćira. Međutim, to nije bilo predmetom istraživanja.

Kod primijenjene doze topramezona od 8,25 g d.t. ha^{-1} prosječna utvrđena masa suhe tvari šćira bila je 0,19 g. Najveća je utvrđena masa bila 0,76 g na tretmanu gdje ovoj dozi nije dodan adjuvant. Statistički opravdano najniža masa od 0,10 do 0,20 g je utvrđena na svim istraživanim kombinacijama navedene doze topramezona i adjuvanata.

Istraživana doza od 16,5 g d.t. ha^{-1} izazvala je prosječnu masu suhe tvari šćira 0,17 g. Najveća utvrđena masa od 0,45, odnosno 0,31 g kod ove doze topramezona utvrđena je kad je primijenjen bez adjuvanta, odnosno u kombinaciji s adjuvantom MSO. Statistički opravdano najniža masa suhe tvari je utvrđena na svim ostalim kombinacijama primijenjenim s četvrtinom preporučen doze i iznosila je 0,09 do 0,22 g.

Prosječna masa suhe tvari šćira tretirana topramezonom u dozi 33 g d.t. ha^{-1} padala je u odnosu na niže doze i iznosila je 0,15 g. Najveća masa suhe tvari šćira kod kombinacije polovične doze topramezona od 0,51 g utvrđena je kod tretmana gdje herbicidu nije dodan adjuvant, dok kod kombinacije s adjuvantima nije utvrđena statistički opravdana razlika i masa je iznosila od 0,07 do 0,15 g.

Kod preporučene doze topramezona (66 g d.t. ha^{-1}) prosječna utvrđena masa suhe tvari šćira je 0,14 g. Najveća utvrđena masa suhe tvari šćira kod ove doze topramezona od 0,32 g utvrđena je kad joj nije dodan adjuvant, a najmanja se nije statistički opravdano razlikovala te je iznosila od 0,06 do 0,23 g. Statistički opravdano najmanja masa suhe tvari šćira je utvrđena na svim tretmanima gdje je preporučenoj dozi topramezona dodan adjuvant.

Na tretmanima gdje je primijenjena dvostruko veća doza topramezona od preporučene (132 g d.t. ha^{-1}) prosječna masa suhe tvari šćira je iznosila 0,11 g. Statistički opravdane razlike između svih utvrđenih masa šćira na navedenoj dozi topramezona nije bilo i iznosile su od 0,07 do 0,17 g.

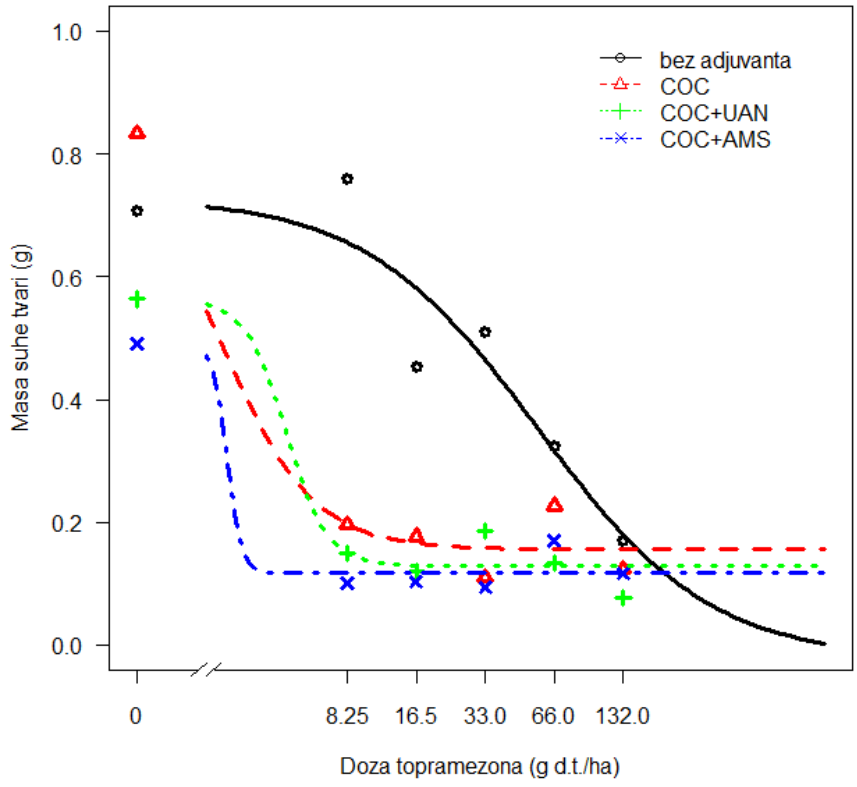
Najniža prosječna masa suhe tvari šćira neovisno o dozi topramezona utvrđena je kod primjene adjuvanata NIS-a (0,16 g), AMS-a (0,17 g), UAN-a (0,18 g), COC+AMS-a (0,18 g),

MSO+UAN-a (0,20 g), COC+UAN-a (0,21 g), MSO+AMS-a (0,21 g), NIS+UAN-a (0,21 g) i NIS+AMS-a (0,21 g), dok je najveća masa utvrđena kad herbicidu nije dodan adjuvant (0,49 g).

Prosječna masa suhe tvari šćira na tretmanima gdje je primijenjena najniža doza herbicida u odnosu na masu gdje nije primijenjen herbicid reducirana je za 69,4% kod ¼ preporučene doze topramezona za 72,6%, kod polovične doze za 75,8%. Kod pune i dvostruko veće doze redukcija je bila 77,4, odnosno 82,3%.

Grafikoni od 65 do 68 prikazuju osjetljivost suhe tvari šćira na istraživane tretmane u odnosu na dozu topramezona i u odnosu na dodavane adjuvante u škropivo. Kako je u poglavlju Materijali i metode navedeno, istraživani su adjuvanti iz tri skupine: COC (*Crop oil concentrate*), MSO (*Methylated sulfonated oil*), NIS (*Non ionic surfactant*) i dušična gnojiva kao adjuvanti (UAN i AMS). Stoga su grafikoni prikazani prema navedenom.

Na osnovu krivulja (modela osjetljivosti) u grafikonima od 65 do 68 izračunata je GR_{90} vrijednost odnosno određena je doza topramezona koja je u kombinaciji s adjuvantima potrebna za redukciju 90% mase suhe tvari šćira.



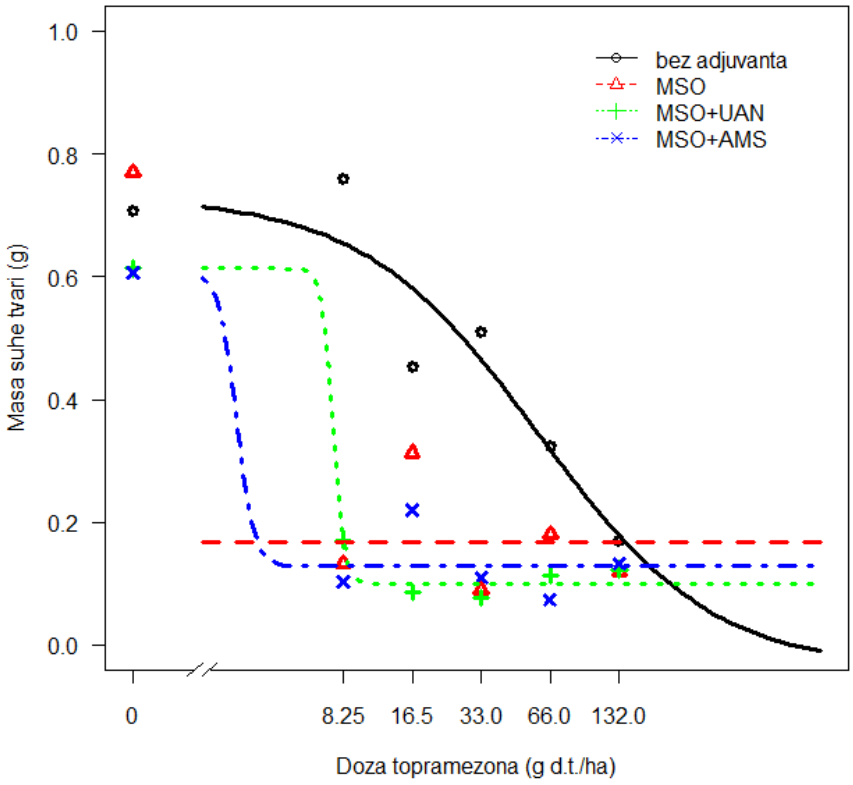
Grafikon 65. *Redukcija mase suhe tvari šćira u odnosu na dozu topramezona i adjuvante COC, COC + UAN i COC + AMS*

Grafikon 65 prikazuje *model osjetljivosti* šćira izražen kroz redukciju mase suhe tvari na doze topramezona bez adjuvanata i u kombinaciji s COC-om i dušičnim gnojivima.

Na osnovi prikazanih krivulja modelirane su i GR_{90} vrijednosti istraživanih tretmana. Prema krivulji koja označava herbicid kad mu nije dodan adjuvant razvidno je da povećanjem doze topramezona raste i učinak na masu suhe tvari šćira. Tako je redukcija u odnosu na prosječnu masu šćira svih tretmana na kojima nije primijenjen topramezon od osmine do preporučene doze iznosila 0, odnosno 48,4%, dok je tek kod dvostruke doze zabilježen zadovoljavajući učinak od 72,6%. Kako je vidljivo iz grafikona 65, kad je topramezonu dodan adjuvant COC, COC+UAN ili COC+AMS učinak se značajno poboljšava u odnosu na tretman kad nije primijenjen adjuvant. Tako je učinak osmine preporučene doze kad je topramezon primijenjen s adjuvantom COC iznosio 67,7%. Dodatkom dušičnog gnojiva UAN-a navedenoj kombinaciji učinak neznatno raste na 75,8%, dok AMS poboljšava učinak kombinacije na 83,9%. Iz krivulja se može uočiti učinak veći od 82,3% kad je topramezon primijenjen u polovičnoj dozi u kombinaciji s COC-om. Povećanjem doze topramezona od ¼ preporučene učinak kombinacija s COC-om i dušičnim gnojivima na masu svježe mase šćira se značajno ne poboljšava.

Na temelju krivulja (grafikon 65) izračunata je GR_{90} vrijednost, odnosno masa topramezona potrebna za redukciju 90% mase suhe tvari šćira. GR_{90} vrijednost za topramezon bez adjuvanata iznosi 396,86 g, kombinaciju s COC-om 6,42 g, COC + UAN 7,00 g te za COC + AMS 2,89 g d.t. ha^{-1} topramezona.

Osjetljivost mase suhe tvari šćira na istraživane doze topramezona bez adjuvanata i s adjuvantima MSO, MSO+UAN i MSO+AMS prikazana je krivuljama u grafikonu 66.

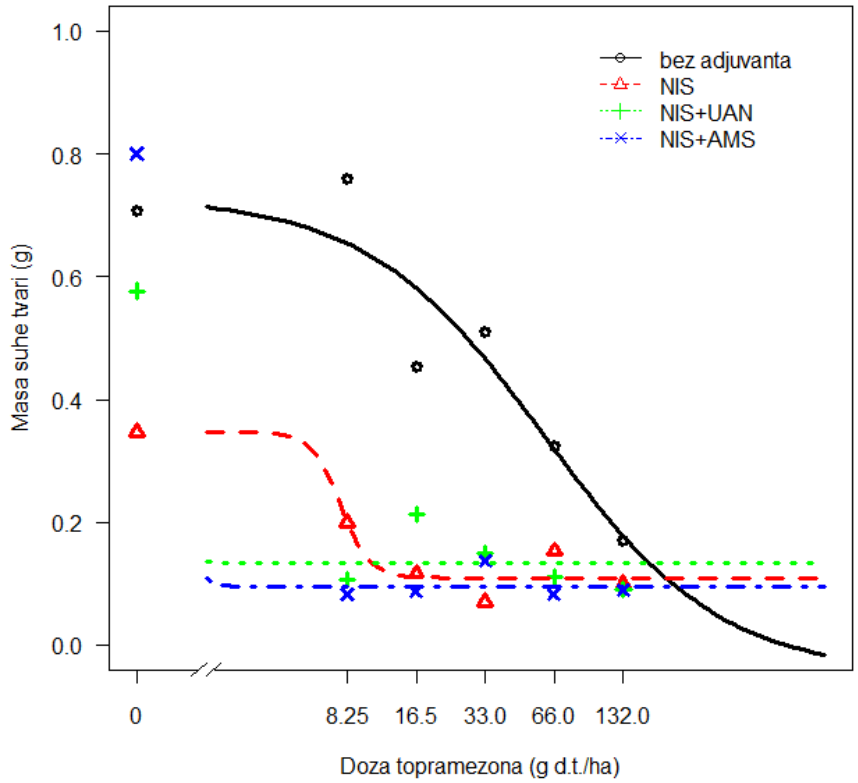


Grafikon 66. *Redukcija mase suhe tvari šćira u odnosu na dozu topramezona i adjuvante MSO, MSO + UAN i MSO + AMS*

Kad je s adjuvantom (MSO) primijenjena najniža doza herbicida učinak na redukciju suhe tvari šćira je bio 79,0%. Polovična doza topramezona (33 g d.t. ha^{-1}) u kombinaciji s MSO-om reducirala je masu 85,5%. Iz krivulje je vidljivo da povećavanjem doze topramezona iznad polovične učinak na masu suhe tvari šćira kombinacije s MSO-om se ne poboljšava. Kad je adjuvant MSO kombiniran s dušičnim gnojivom AMS uz istraživane doze topramezona, utvrđen je značajno bolji učinak na redukciju mase suhe tvari biljaka šćira. Tako je ova kombinacija adjuvanata već i s najnižom dozom topramezona (8,25 g d.t. ha^{-1}) na redukciju mase suhe tvari postigla 83,9%. Učinak ove kombinacije adjuvanata (MSO+AMS) se povećao samo kod preporučene doze herbicida (66 g d.t. ha^{-1}) na 88,7%. Iz trenda kretanja krivulje vidljivo je da daljnje povećanje doze herbicida nije utjecalo na povećanje redukcije svježe mase šćira. Kad je istraživanim dozacijama topramezona uz adjuvant MSO dodavan UAN, kod najniže istraživane doze herbicida (8,25 g d.t. ha^{-1}) vidljivo je da je ova kombinacija adjuvanata postigla zadovoljavajući učinak (72,6%) na redukciju mase suhe tvari šćira. Međutim, već kod ¼ preporučene doze (16,5 g d.t. ha^{-1}) redukcija mase suhe tvari šćira iznosila je 85,5%.

Ovo je potvrđeno i modeliranim krivuljama na osnovu kojih je određena i GR_{90} doza topramezona. Procijenjene su GR_{90} vrijednosti, određene na osnovi mase suhe tvari šćira, 0,87 g za MSO, 8,41 g za MSO+UAN i 3,42 g d.t. ha^{-1} topramezona za MSO+AMS.

Treći istraživani adjuvant iz skupine NIS i s dušičnim gnojivima kao pomoćnim sredstvima herbicidu topramezonu u usporedbi s tretmanima gdje nije dodavan adjuvant prikazan je u grafikonu 67.

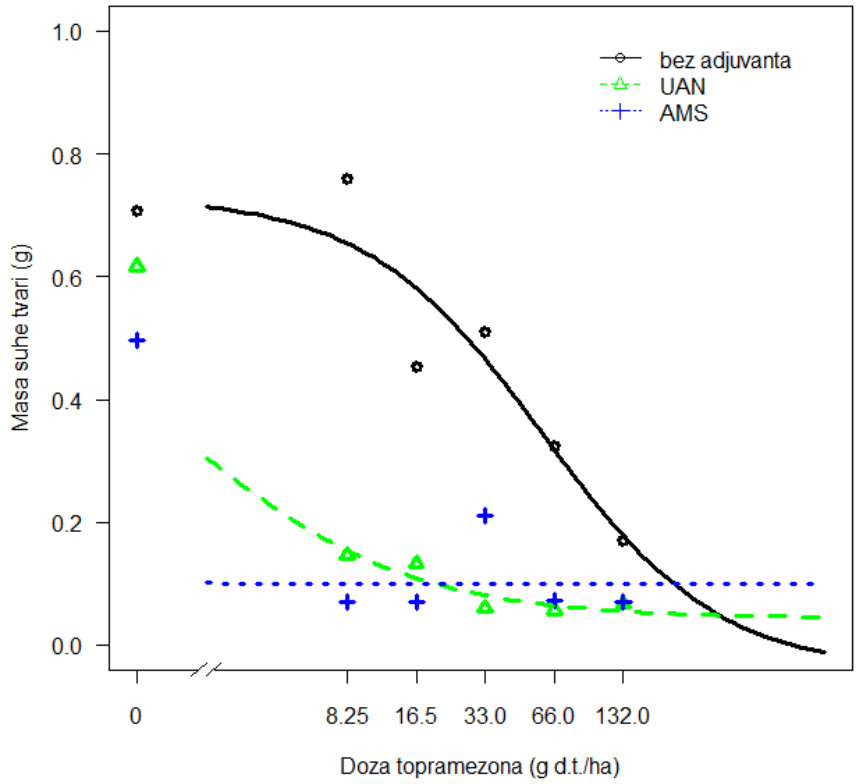


Grafikon 67. *Redukcija mase suhe tvari šćira u odnosu na dozu topramezona i adjuvante NIS, NIS + UAN i NIS + AMS*

Iz trendova kretanja krivulja u grafikonu i podataka u tablici 33 vidljivo je da kad se najnižoj dozi topramezona doda NIS adjuvant redukcija mase suhe tvari iznosi oko 67,7%, dok ista doza u kombinaciji NIS+UAN i NIS+AMS reducira masu suhe tvari šćira 82,3, odnosno 87,1%. Povećanjem doze na 33 g d.t. ha^{-1} uz adjuvant NIS učinak je povećan na 88,7%, odnosno za 70 postotaka više nego kad je ista doza herbicida primijenjena bez adjuvanata. Iz trendova kretanja krivulja na grafikonu 63, vidljivo je da daljnje povećanje doze herbicida uz primjenu kombinacije NIS-a i dušičnih gnojiva nije značajno utjecalo na povećanje redukcije mase suhe tvari šćira.

Prema modelu izračuna osjetljivosti procijenjene su GR_{90} vrijednosti za NIS 10,60 g d.t. ha^{-1}, dok su za kombinacije NIS-a s dušičnim gnojivima gotovo trostruko niže te iznose 1,69 g za NIS+UAN i 1,80 g za NIS+AMS.

U istraživanju su kao adjuvanti, osim u kombinaciji s adjuvantima COC, MSO i NIS, dušična gnojiva korištena i zasebno što je i prikazano u grafikonu 68.



Grafikon 68. *Redukcija mase suhe tvari šćira u odnosu na dozu topramezona i adjuvante UAN i AMS*

Iz kretanja krivulja u grafikonu je vidljivo da su dušična gnojiva iskazala pozitivan utjecaj kao pomoćno sredstvo istraživanim, osobito nižim dozama herbicida. AMS je u tom smislu iskazao bolji učinak. Tako je redukcija mase suhe tvari šćira u kombinaciji s najnižom dozom herbicida i AMS-om iznosila odličnih 88,7%, a u kombinaciji s UAN-om zadovoljavajućih 75,8% u odnosu na prosječnu masu suhe tvari netretiranih biljaka šćira. Povećanjem doze herbicida na 33 g d.t. ha^{-1} učinak s UAN-om je porastao na 90,3%. Iz trenda kretanja krivulja vidljivo je da se učinak na redukciju mase suhe tvari šćira ne povećava povećanjem doze topramezona iznad osmine kod kombinacije s AMS-om, odnosno iznad polovine kod kombinacije s UAN-om.

Prema modelu izračuna osjetljivosti procijenjene su GR_{90} vrijednosti za UAN 19,51 g, dok su za AMS 1,30 g d.t. ha^{-1} topramezona.

4.2.4. GR_{90} vrijednosti na masu svježe i suhe mase korovnih vrsta u istraživanju

Tablica 34 prikazuje procijenjenu dozu herbicida topramezona u kombinaciji s adjuvantima potrebnu za redukciju 90% mase svježe nadzemne mase i mase suhe tvari (GR_{90} vrijednost) na vrste europski mračnjak, limundžik i šćir.

Tablica 34. *GR_{90} vrijednosti na masu svježe mase i suhe tvari europskog mračnjaka, limundžika i šćira*

Vrsta / Tretman	**GR_{90} na masu svježe mase (± SE)**			**GR_{90} na masu suhe tvari mase (± SE)**		
	ABUTH	**AMBEL**	**AMARE**	**ABUTH**	**AMBEL**	**AMARE**
Bez adjuvanta	33,28 (12,29)	2,79 (11,16)	406,81 (244,22)	29,91 (9,88)	2,79 (11,16)	369,86 (942,57)
COC	17,61 (5,22)	1,12 (11,16)	8,05 (40,92)	15,01 (5,73)	1,12 (11,16)	6,42 (10,99)
COC + UAN	6,89 (26,08)	1,12 (11,16)	1,09 (10,92)	7,52 (66,11)	1,12 (11,16)	7,00 (27,79)
COC + AMS	7,29 (5,11)	1,12 (11,16)	5,28 (10,88)	4,38 (26549,75)	1,12 (11,16)	2,89 (4441,54)
MSO	12,37 (7,12)	1,12 (11,16)	2,33 (18273,52)	9,13 (4,81)	1,12 (11,16)	0,87 (11,21)
MSO + UAN	12,68 (5,42)	1,12 (11,16)	9,08 (8,53)	9,59 (23,89)	1,12 (11,16)	8,41 (3,35)
MSO + AMS	2,47 (8,96)	1,12 (11,16)	4,40 (21,71)	4,24 (1125,64)	1,12 (11,16)	3,42 (12,09)
NIS	21,46 (15,44)	1,12 (11,16)	13,82 (11,79)	14,56 (16,50)	1,12 (11,16)	10,60 (NA)
NIS + UAN	7,71 (35,41)	1,28 (12,77)	3,50 (NA)	7,43 (NA)	1,28 (12,77)	1,69 (NA)
NIS + AMS	8,04 (4,10)	1,28 (12,77)	3,43 (1473,72)	7,82 (13,67)	1,28 (12,78)	1,80 (73053,90)
UAN	11,14 (4,88)	1,28 (12,77)	61,85 (323,78)	9,42 (5,08)	1,28 (12,77)	19,51 (88,50)
AMS	8,96 (4,09)	1,16 (11,58)	1,85 (13968,15)	7,39 (9,65)	1,16 (11,58)	1,30 (NA)

ABUTH – *Abutilon theophrasti* (europski mračnjak); AMBEL – *Ambrosia artemisiifolia* (limundžik); AMARE – *Amaranthus retroflexus* (šćir)

Iz tablice 34 razvidno je da je limundžik izrazito osjetljiva vrsta na herbicid topramezon. Vrijednosti GR_{90} za topramezon u svim tretmanima u istraživanju su bile od 1,12 do 2,79 g d.t. ha^{-1} topramezona. Navedene vrijednosti su dobivene i s obzirom na redukciju mase svježe mase i suhe tvari limundžika.

Vrsta europski mračnjak je umjereno osjetljiva na herbicid topramezon. Procijenjena GR_{90} vrijednost topramezona bez primijenjenog adjuvanta dobivena na osnovu redukcije mase svježe mase mračnjaka je 33,28 g, a na osnovu redukcije mase suhe tvari 29,91 g d.t. ha^{-1} topramezona. Kada bismo topramezon primijenili bez adjuvanta, za kontrolu europskog mračnjaka mogao bi biti primijenjen u dvostruko nižoj dozaciji u odnosu na preporučenu (66 g d.t. ha^{-1}). Svi adjuvanti su značajno umanjili dozu topramezona potrebnu za redukciju 90% nadzemne mase mračnjaka u odnosu na tretman u kojem nisu primijenjeni adjuvanti. Najveće umanjenje GR_{90} vrijednosti gledajući kroz parametar redukcije mase svježe mase mračnjaka je utvrđeno kod kombinacije adjuvanata MSO+AMS (13,5 puta), a najmanje kad je primijenjen adjuvant NIS (1,6 puta). Kad se uspoređuje GR_{90} vrijednost dobivena na osnovi redukcije mase svježe mase i mase suhe tvari mračnjaka, iz tablice 34 vidljivo je da se kod niti jedne kombinacije adjuvanata ne razlikuje za više od 6,9 g koliko iznosi odstupanje na tretmanu NIS.

Šćir je korovna vrsta na koju topramezon primijenjen bez adjuvanata prema pokazatelju GR_{90} gotovo da nema učinka. Naime, procijenjena GR_{90} vrijednost topramezona kad je primijenjen bez adjuvanata iznosi 406,81 g na osnovu redukcije mase svježe mase i 369,86 g d.t. ha^{-1} na osnovu redukcije suhe tvari. Dodavanje adjuvanata značajno smanjuje dozu topramezona potrebnu za redukciju 90% nadzemne mase šćira. Tako je najmanje smanjenje od 6,6 puta na masu svježe mase utvrđeno kod kombinacije s UAN-om. Navedena GR_{90} vrijednost je procijenjena na 61,85 g d.t. ha^{-1} topramezona, čime zaključujemo da bi topramezon i prema našem istraživanju „najlošijim“ adjuvantom (UAN) prema učinku u preporučenoj dozaciji postigao izvrstan učinak na šćir. GR_{90} vrijednosti ostalih adjuvanata u usporedbi s tretmanom gdje nije bio primijenjen topramezon obzirom na redukciju mase svježe mase su bili smanjeni za od 44,8 (MSO+UAN) do 373,2 puta (COC+UAN). Kad se uspoređuje GR_{90} vrijednost dobivena na osnovi redukcije mase svježe mase i mase suhe tvari šćira, iz tablice 34 vidljivo je znatnije odstupanje samo kad je topramezon primijenjen u kombinacijom s adjuvantom UAN.

5. RASPRAVA

Poznato je da korovi znatno utječu na gubitak potencijalnog i stvarnog prinosa kukuruza. Kao i u većini sličnih istraživanja, i u ovom je radu na različitim lokacijama utvrđena različita korovna flora. U poljskim uvjetima na obje istraživane lokacije dominirale su jednogodišnje korovne vrste. Od jednogodišnjih širokolisnih korovnih vrsta prisutne su bile *Ambrosia artemisiifolia* (limundžik), *Amaranthus retroflexus* (šćir)*, Chenopodium album* (loboda) i *Polygonum persicaria* (perzijski dvornik), dok je od jednogodišnjih uskolisnih korova u istim uvjetima istraživanja na obje lokacije dominirala vrsta *Echinochloa crus-galli* (koštan). Sve navedene vrste su tipični okopavinski termofilni korovi. Tako i **Ostojić (2007)** piše da gotovo da ne postoji površina zasijana kukuruzom u Republici Hrvatskoj, a da je ne zakorovljuje koštan koji je svuda prisutan. Od jednogodišnjih širokolisnih korova autor također navodi limundžik, šćir, lobodu i dvornike kao posvuda proširene korovne vrste.

Na pokusnoj lokaciji Karlovac najzastupljenija vrsta bila je limundžik s prosječno 43 odnosno 35 jedinki po m^2 u obje godine istraživanja i masom 2223 g, odnosno 3150 g m^{-2} u 2008. i 2009. godini. Limundžik je invazivna vrsta neofit koja se brzo širi te je u posljednja dva desetljeća postala jedan od najčešće spominjanih korova u istočnoj Europi. **Ostojić (2011)** utvrđuje da je limundžik bio prisutan na 71,4% površina na kojima su obavljani poljski pokusi 2009. godine. Danas je najčešće zastupljena širokolisna korovna vrsta okopavinskih kultura u Hrvatskoj. Limundžik je i u susjednoj Mađarskoj najznačajniji korov okopavinskih kultura **(Kazinczi, 2011).** O štetnosti limundžika u kukuruzu najznačajniji su radovi upravo mađarskih autora. Prema višegodišnjim istraživanjima **Varge (2006)**, tijekom posljednjih godina utvrđeno je da samo jedna biljka limundžika po m^2 uzrokuje pad prinosa kukuruza od 0,235 t ha^{-1}. U drugom istraživanju istog autora, 9, 18 i 26 biljaka limundžika po m^2 uzrokuje gubitke prinosa kukuruza od 42-54%, 62% i 70-71%. U suncokretu 1, 2, 5 i 10 biljaka limundžika m^2 uzrokuje smanjenje prinosa od 7, 11, 25 i 37% (**cit. Kazinczi i sur., 2008b**). Na pokusnoj lokaciji Šašinovečki Lug najzastupljenije širokolisne korovne vrste su bile šćir i loboda. Šćir i lobodu **Ostojić (2011)** svrstava među pet najznačajnijih korovnih vrsta okopavina u periodu 1969.-2009. godine. Godine 2009. autor nalazi lobodu na 71,4% lokacija čime je svrstava na treće mjesto po značaju. Loboda je tijekom cijelog istraživanog perioda bila među pet najznačajnijih korovnih vrsta. Šćir je iste godine pronađen na 57,1% lokacija i uvršten na peto mjesto prema učestalosti u okopavinskim kulturama.

Najzastupljeniji uskolisni korov koji je utvrđen na obje lokacije i u obje godine istraživanja bila je jednogodišnja vrsta koštan – *Echinochloa crus-galli* L. s prosječno 5 do 18,3 jedinki na m^2 i masom od 205-518 g m^{-2}. Iako neki autori **(Abdollahi i Ghadiri, 2004)**, zbog oblika i položaja listova, navode širokolisne korove kompetitivnijim od uskolisnih koštan je redovito prisutan u okopavinskim kulturama s velikim brojem jedinki po jedinici površine. **Ostojić (2007)** potvrđuje da uskolisni korovi, često u okopavinskim usjevima dominiraju brojem jedinki iako su zastupljeni s malim brojem vrsta po jedinici površine.

Utjecaj korova na smanjenje prinosa može ovisiti o vremenu nicanja korova u odnosu na vrijeme nicanja kulture. Tako je zakorovljenost koštanom od 200 jedinki po dužnom metru smanjila prinos kukuruza od 26 do 35% kad je koštan nicao u vrijeme kad je kukuruz bio u fazi razvoja 1-2 lista. Isti intenzitet zakorovljenosti rezultirao je samo 6-postotnom redukcijom prinosa kad je koštan nicao nakon faze četiri lista kukuruza (**Bosnic i Swanton, 1997**).

Zbog navedene učestalosti i štetnosti, suzbijanju ovih korovnih vrsta u kukuruzu posvećuje se velika pažnja. Većina herbicida koji se primjenjuju u kukuruzu ove vrste ima u svom spektru djelovanja. Tako je i herbicid topramezon u ovom istraživanju postigao određeni učinak na ove vrste. Učinak topramezona i adjuvanata na redukciju broja jedinki i masu svježe mase korova se gotovo podudarao. Slabiji učinci reducirane doze topramezona u kombinaciji s adjuvantima COC, UAN i AMS na redukciju broja jedinki svih zatečenih korova i njihove nadzemne mase na obje lokacije i u obje godine istraživanja postignuti su zbog slabijeg učinka navedenih kombinacija na koštan koji je iznosio od 0 do 59% tijekom obje godine istraživanja na lokaciji Karlovac i 2009. godine na lokaciji Šašinovečki Lug. Naime, utvrđena je regeneracija nadzemne mase ove korovne vrste. Slabe učinke na redukciju broja i mase svježe mase koštana od 0% na tretmanima gdje su primijenjeni topramezon i adjuvanti tumačimo kao rezultat dobrog djelovanja istraživanih kombinacija na širokolisne korove koji je omogućio nesmetan razvoj i povećanje mase koštana u odnosu na masu na kontrolnoj netretiranoj parceli gdje su dominirali širokolisni korovi. Naime, korovi su se natjecali s koštanom za ograničene izvore (prostor, vodu i svjetlo). Na lokaciji Karlovac u obje godine i Šašinovečki Lug 2008. godine su svi širokolisni korovi brojem jedinki i masom u potpunosti suzbijeni, dok je u Šašinovečkom Lugu 2009. utvrđen nezadovoljavajući učinak topramezona primijenjenog u punoj i reduciranoj dozi kao i kombinacija topramezona u reduciranoj dozi s adjuvantima COC, UAN i AMS. Razlog prethodno navedenom leži u činjenici što navedeni tretmani nisu zadovoljavajuće suzbili lobodu.

U sličnim istraživanjima (**Schönhammer i sur.,2006; Zollinger i Ries, 2006; Goršić i sur., 2008)** utvrđeno je da je topramezon primijenjen u kombinaciji s adjuvantom iz skupine MSO izvrsnog učinka na gotovo sve jednogodišnje širokolisne korove (*Abutilon theophrasti, Amaranthus retroflexus, Ambrosia artemisiifolia, Chenopodium album, Solanum nigrum, Polygonum lapathifolium, Polygonum persicaria* i dr.), dok učinak na uskolisne korove varira i ovisi o razvojnoj fazi korova i uvjetima okoline u vrijeme primjene. I **Maschhoff i sur. (2000), Pline i sur. (1999), Young i sur. (2003)** su u istraživanjima utvrdili da dodatak dušičnog gnojiva iz skupine AMS-a herbicidima ne poboljšava uvijek učinak na C*henopodium album*, ali redovito povećava učinak na vrstu *Abutilon theophrasti*. Značaj dodavanja dušičnih gnojiva kao pomoćnih sredstava vidljiv je iz rezultata gdje je dodatak UAN-a herbicidu bispiribaku povećao učinak herbicida na redukciju biomase koštana s 84% bez dodanog UAN-a na 99% kad je dodan.

U istraživanju je utvrđeno da su u odnosu na prinos na netretiranoj parceli svi istraživani tretmani u obje godine na lokaciji Karlovac postigli signifikantno veći prinos zrna, što potvrđuje da korovi znatno ograničavaju proizvodnju kukuruza, dok se vrijednosti prinosa između istraživanih tretmana nisu statistički opravdano razlikovale. Međutim, na lokaciji Šašinovečki Lug nije utvrđena signifikantna razlika u prinosu na istraživanim tretmanima i na kontrolnoj parceli. Ovaj rezultat treba povezati sa stupnjem zakorovljenosti na navedenoj lokaciji. Naime, u prvoj godini istraživanja na kontrolnoj parceli je bilo prisutno prosječno samo 10 jedinki korova po m^2, koje su razvile nadzemnu masu od 908 g koja nije negativno utjecala na prinos kukuruza. Prinos je bio ujednačen na svim istraživanim tretmanima (od 10136 do 11654 kg ha^{-1}). U drugoj godini istraživanja na lokaciji Šašinovečki Lug je bio prisutan veći broj jedinki (43 po m^2) po jedinici površine s većom nadzemnom masom (1335 m^{-2}). Na kontrolnoj parceli prinos na lokaciji Šašinovečki Lug je bio najniži (7535 kg ha^{-1}) te je utvrđena statistički opravdana razlika u odnosu na sve tretmane gdje je primijenjen topramezon. Navedeni rezultati potvrđuju navode mnogih autora da je kod suzbijanja korova važan činitelj stupanj, odnosno intenzitet zakorovljenosti, jer masa korova, a ne njihov broj nanose štetu kulturi.

Učinak herbicidnih tretmana osim kroz redukciju mase i broja jedinki korova, moguće je utvrđivati i kroz parametar redukcije prinosa. U istraživanju je utvrđeno da su u odnosu na prinos na netretiranoj parceli svi istraživani tretmani postigli veći prinos što potvrđuje navedeno da korovi znatno ograničavaju proizvodnju kukuruza. Signifikantne razlike u prinosu postignute su u odnosu na istraživane lokacije. Međutim, razlike u prinosu rezultat su utjecaja okoline i razlike u sklopu biljaka, što nije predmet ovog istraživanja. Prinos zrna

kukuruza na netretiranoj kontroli je bio smanjen za od 42-59% ovisno o godini istraživanja u odnosu na najveću utvrđenu masu zrna kukuruza na lokaciji Karlovac. Iako nije statistički opravdano, na lokaciji Karlovac utvrđeno je smanjenje prinosa kukuruza tijekom obje godine istraživanja i kad je herbicid topramezon u reduciranoj dozi kombiniran s dušičnim gnojivima UAN-om ili AMS-om jer je na ovim tretmanima postignut slab učinak na redukciju broja i mase uskolisnih korova.

Zbog samo 10 jedinki korova m^{-2} s ukupnom prosječnom masom 908 g m^{-2} na lokaciji Šašinovečki Lug u prvoj godini istraživanja nije utvrđena statistički opravdana razlika u prinosu suhog zrna kukuruza između istraživanih tretmana. U drugoj godini istraživanja ukupna masa korova na ovoj lokaciji bila je veća i iznosila je 1335 g m^{-2} (43,3 jedinki m^{-2}) i utvrđena je statistički opravdana razlika u prinosu. Prinos zrna kukuruza od 7744 kg ha^{-1} na tretmanu na kojem je topramezon primijenjen u reduciranoj dozi bez adjuvanata bio je signifikantno veći (za 109 kg ha^{-1}) u odnosu na herbicidom netretiranu parcelu (kontrolu).

O kompeticiji kukuruza i korova i utjecaju na prinos kukuruza postoje brojni radovi. **Nurse i sur. (2010)** su utvrdili smanjenje prinosa kukuruza za 30% kad nije primijenjen herbicid mezotrion, dok su postupnim povećanjem doze herbicida utvrdili znatan rast prinosa (do 7,9 t ha^{-1}). Sličan pad prinosa uslijed kompeticije s korovima utvrdili su i **Panacci i Covarelli (2009)** na netretiranoj parceli zakorovljenoj različitom korovnom florom u odnosu na prinos na parcelama gdje je primijenjen herbicid mezotrion, također iz skupine inhibitora enzima 4-HPPD kao i topramezon. U istraživanjima **Van Gessela i sur. (1995)** je utvrđeno smanjenje prinosa 2,3-8,5 kg ha^{-1} za svaku novu jedinku korova. Čak i u uvjetima navodnjavanja prinos na netretiranim zakorovljenim parcelama je bio smanjen za 16-22% u odnosu na herbicidom tretirane parcele. U istom istraživanju kad je usjev bio zakorovljen s više od 100 jedinki širokolisnih korova m^{-2} prinos kukuruza je reduciran za više od 50%. Na prostoru središnje Hrvatske **Svečnjak i sur. (2009)** utvrđuju smanjenje prinosa kukuruza za 36% na parcelama na kojima nije primijenjen herbicid u odnosu na parcele tretirane herbicidom. Isti autori su utvrdili povećanje prinosa kukuruza kad je uz primjenu herbicida širom provedena i međuredna kultivacija, što je rezultat učinka agrotehničkih mjera na poboljšanje uvjeta za rast i razvoj kukuruza.

Osim prethodno navedenih metoda (redukcija broja jedinki, mase korova i prinosa) utvrđivanja učinka istraživanih kombinacija herbicida topramezona i adjuvanata, učinak je utvrđivan i metodom subjektivne vizualne ocjene oštećenja pojedine korovne vrste u odnosu na istraživane tretmane. Ovom metorom učinak je utvrđivan 7, 14 i 21 dan nakon primjene tretmana. Iako je za donošenje vjerodostojne ocjene o biološkom učinku najvažnija vrijednost

ocjene (% oštećenja) 21 dan nakon tretiranja, ranija ocjenjivanja također daju informaciju o brzini učinka kao i o progresivnom, odnosno degresivnom (regeneracija nadzemne mase) karakteru djelovanja herbicida. Vizualno utvrđivanje herbicidnog učinka se često koristi u istraživanjima. Glavne prednosti ovog načina su da je utvrđivanje učinka jednostavnije i brže nego utvrđivanje kroz parametar redukcije biljne mase. Nedostaci su što su vizualne ocjene subjektivne, odnosno različite među istraživačima i upitno je uspoređivanje među godinama istraživanja **(Knežević i sur., 2007).**

U istraživanju ovog rada u poljskim uvjetima utvrđena je različita osjetljivost zatečene korovne flore na istraživane kombinacije topramezona i adjuvanata. Utvrđeno je da je limundžik koji je bio dominantna vrsta na lokaciji Karlovac tijekom obje godine vrlo osjetljiv na topramezon u svim tretmanima. Dva tjedna nakon tretiranja svi su tretmani postigli učinak veći od 95%, a nakon tri tjedna sve jedinke limundžika su potpuno propale na svim tretmanima (100% učinak). **Schröder i Meinlschmidt (2009)** iznose rezultate o odličnom učinku na limundžik (više od 95%) topramezona u dozi 50 g d.t. ha^{-1}. Utvrdili su i osjetljivost limundžika (više od 95%) na druga dva herbicida iz skupine inhibitora 4-HPPD – mezotriona i tembotriona. Učinak tembotriona na ovu vrstu utvrđen je i u istraživanjima Zavoda za herbologiju (neobjavljen rad). Učinak mezotriona u uvjetima Hrvatske vrlo je različit i varira od 60 do 100% (**Kekuš, 2006**). Autor utvrđuje u istom radu da se dodatkom adjuvanta iz skupine NIS-a navedeni raspon u učinku znatno sužava, odnosno najslabiji učinak na limundžik se poboljšava, te raspon iznosi od 80 do 100%.

Osim limundžika, u poljskim uvjetima istraživanja od širokolisnih vrsta utvrđene su još vrste šćir, loboda i perzijski dvornik. Prema učincima istraživanih tretmana, osobito u drugoj godini istraživanja vidljivo je da za razliku od limundžika, šćir nije visokoosjetljiva vrsta na topramezon. U obje godine istraživanja reducirana doza topramezona bez adjuvanata i ista doza s adjuvantom UAN ni 21 dan nakon tretiranja nije postigla zadovoljavajući učinak (iznad 70%) na ovu vrstu, dok su svi ostali istraživani tretmani postigli odličan učinak. Potrebu dodavanja adjuvanata kod suzbijanja ove vrste utvrdili su i **Goršić i sur. (2008)** koji su kombinacijom reducirane doze topramezona (50 g d.t. ha^{-1}) s adjuvantom iz MSO skupine postigli izvrstan učinak na šćir.

Upitnu osjetljivost prema topramezonu iskazala je i bijela loboda (*Chenopodium album*). Razlike u učinku između istraživanih tretmana u poljskim uvjetima na lobodu bile su signifikantne između tretmana, dok je za obje godine tendencija rezultata bila ista. Naime, učinci lošiji od 40% tri tjedna nakon tretiranja utvrđeni su kada je topramezon primijenjen u punoj i reduciranoj dozi kao i u kombinacijama reducirane doze s UAN-om i AMS-om u obje

godine istraživanja. Kombinacija reducirane doze topramezona i adjuvanta iz skupine COC-a tri tjedna nakon tretiranja postigla je bolji učinak (75%) od učinka prethodno prikazanih tretmana, međutim taj je učinak znatno slabiji od učinka ostalih tretmana. Naime, učinak kombinacija reducirane doze topramezona s adjuvantima COC+UAN i COC+AMS je bio značajno bolji u odnosu na kombinaciju s COC-om iz čega je vidljivo sinergističko djelovanje dušičnih gnojiva s adjuvantom COC. Nasuprot navedenom, kod primjene adjuvanata iz druge dvije skupine (MSO i NIS) i kombinacija s dušičnim gnojivima, nije utvrđeno poboljšanje učinka reducirane doze herbicida na lobodu. Topramezon u dozi 50 g d.t. ha^{-1} u kombinaciji s adjuvantom iz skupine MSO-a je i u istraživanjima **Goršića i sur. (2008)** provedenim na četiri lokacije postigao učinak od 100% na lobodu**.** Mezotrion kao herbicid iz iste skupine prema mehanizmu djelovanja (inhibitora 4-HPPD-a) iskazuje variranje u učinku na lobodu u odnosu na godinu i lokaciju istraživanja. **Armel i sur. (2003)** su utvrdili da je za redukciju 90% nadzemne mase lobode potrebna doza mezotriona od 35 g d.t. ha^{-1}. **Nurse i sur. (2010)** kao učinkovitu dozu mezotriona na lobodu navode znatno veće doze (10-1984 g d.t. ha^{-1}) kad se mezotrion primijenjuje u *pre-emergence* roku, dok za primjenu u *post-emergence* roku navode samo 15-38 g d.t. ha^{-1}. Na temelju 13 istraživanja provedenih u Hrvatskoj koje analizira i citira **Kekuš (2006)**, utvrđen je odličan učinak (80-100%) mezotriona tek kad je primijenjen u kombinaciji s NIS adjuvantom. O značaju dodavanja adjuvanata herbicidima za poboljšanje učinka govore i **Bunting i sur. (2004b) i Pannacci i sur. (2010)**.

U istraživanju učinka različitih doza rimsulfurona u kombinaciji s adjuvantima, **Tonks i Eberlein (2001)** utvrdili su izvrstan učinak najniže doze (9 g d.t. ha^{-1}) na *Amaranthus retroflexus*, sa svakim od istraživanih adjuvanata (NIS, COC ili MSO). Za razliku od šćira, učinak na vrste *Kochia scoparia* i samoniklu zob (*Avena sativa*) ovisio je o dozi kao i o dodanom adjuvantu. U istraživanju različitih surfaktanata kao pomoćnih sredstava herbicidima posebno se ističe Jerry Green. U istraživanju učinka herbicida rimsulfurona i različitih koncentracija surfaktanta i različitih volumena škropiva **Green (1996)** je utvrdio učinak veći od 90% na vrstu *Setari faberi* pri 0,1% koncentraciji surfaktanta. Utvrdio je da značajna smanjenja kao ni povećanja koncentracije surfaktanta ne postižu zadovoljavajuće učinke na korove.

Učinak na koštan, jedinu jednogodišnju korovnu travu prisutnu u ovom istraživanju znatno je varirao ovisno o istraživanim kombinacijama topramezona i adjuvanata. Herbicid topramezon u punoj i reduciranoj dozi bez adjuvanata kao i kombinacija reducirane doze i adjuvanata COC, UAN i AMS nisu postigle zadovoljavajuće rezultate na lokaciji Karlovac ni s gledišta redukcije broja jedinki niti s gledišta redukcije nadzemne mase korova. Redukcija

broja jedinki ove vrste kretala se od 0 do 5%, odnosno redukcija mase od 7,0% (topramezon+AMS) do 50,9% (puna doza herbicida bez adjuvanata). Kod učinka na ovu vrstu vrlo je važno uočiti da su sve ostale kombinacije reducirane doze topramezona i adjuvanata izuzev navedenih (COC, UAN i AMS) postigle potpun učinak (100%) na koštan. Zanimljivo je također uočiti da COC, UAN i AMS primijenjeni pojedinačno uz herbicid nisu postigli zadovoljavajući učinak, a kad su dušična gnojiva kombinairana s COC adjuvantom, učinci su bili odlični. Suprotno navedenom, naglašeno variranje (48-100%) na koštan utvrđeno je u istraživanju na području Hrvatske, kad je topramezon primijenjen u dozi 50 g d.t. ha^{-1} i u kombinaciji s adjuvantom MSO **(Goršić i sur., 2008)**. Autori navode različite razloge slabijeg učinka na koštan. Razlog može biti razvojna faza koštana u vrijeme primjene (od 4 do 6 listova, odnosno početak busanja). Međutim, viša doza topramezona (67,2 g d.t. ha^{-1}) u kombinaciji s MSO-om je postigla učinak 100% i na parcelama gdje je koštan bio u većoj razvojnoj fazi. Navodi su potvrđeni i u istraživanju provedenom na Zavodu za herbologiju (neobjavljen rad) pri kojem su topramezon, mezotrion i tembotrion primijenjeni u fenofazama kukuruza tri i pet listova. **Ostojić** je tijekom višegodišnjih istraživanja utvrdio učinak na koštan mezotriona bez dodanog adjuvanta 0-85% (na četiri lokacije). Dodavanjem adjuvanta iz skupine COC-a učinak na koštan znatno se popravlja (iznosi 65-95%), a dodatkom NIS-a učinak varira 40-95%, dok je prosječan učinak za navedenu kombinaciju zadovoljavajućih 75% **(Kekuš, 2006)**. Zaključno se može reći da je učinak topramezona na ovu vrlo čestu korovnu vrstu usjeva kukuruza upitan (ovisno o dozi herbicida i razvojnoj fazi korova). Međutim, iz rezultata ovog i istraživanja citiranih autora, vidljivo je da se odabirom odgovarajućeg adjuvanta može postići pouzdan učinak i na ovu korovnu vrstu.

Drugi dio ovog istraživanja proveden je u kontroliranim uvjetima. Učinci na korove u kontroliranim uvjetima su ocjenjivani kroz vizualnu ocjenu oštećenja istraživanih vrsta (europskog mračnjaka, limundžika i šćira) 7, 14 i 21 dan nakon tretiranja, te kroz učinak na redukciju mase svježe nadzemne mase i suhe tvari istraživanih korovnih vrsta. Masa korova se često koristi kao varijabla za istraživanje učinka pojedinih herbicida i/ili adjuvanata. Za utvrđivanje učinka kroz redukciju suhe tvari korova mnogi istraživači smatraju da je najobjektivnije mjerilo, pogotovo za definiranje krivulja pomoću kojih prikazujemo osjetljivost korova u odnosu na dozu herbicida i čime se utvrđuje učinkovita doza nekog herbicida na pojedinu korovnu vrstu **(Streibig, 1988)**. Neki istraživači primjenjuju pokazatelj redukcije suhe tvari korova za opisivanje koncepta biološki učinkovite doze. Biološki učinkovita doza oznake GR_{90} (*growth reduction*) je definirana kao doza kojom se reducira 90% suhe tvari korova **(Dieleman i sur., 1996).**

Pomoću prethodno opisanih parametara i u ovom istraživanju utvrđivana je osjetljivost pojedine vrste (europskog mračnjaka, limundžika i šćira) kroz vrijednost mase svježe mase i mase suhe tvari u odnosu na istraživani tretman primijenjen u kontroliranim uvjetima. S obzirom da se danas navedeni model smatra najprihvatljivijim u istraživanju „*dose response curves*“, osjetljivost istraživanih korovnih vrsta utvrđivana je na osnovu log-logaritamskih krivulja (**Ritz i Streibig, 2005; Knežević i sur., 2007**). Citirani autori preporučuju uporabu logaritamske krivulje dobivenu na osnovu četiri parametra (opisano u poglavlju Materijali i metode) od kojih je jedna GR_{50} doza, koja je pokazatelj s puno manjom greškom u odnosu na druge veće GR vrijednosti (npr. GR_{90}). To je zato jer se u istraživanju uglavnom uzimaju doze herbicida kojima je lakše odrediti vrijednost GR_{50} doze herbicida na osnovu koje se izračunavaju ostale GR vrijednosti.

Iz subjektivnih vizualnih ocjena učinka koje su obavljene 7, 14 i 21 dan nakon tretiranja kod svih doza topramezona manjih od preporučene (66 g d.t. ha^{-1}) s tretmanima gdje im je dodan bilo koji adjuvant, kroz vrijeme (7, 14 i 21 dan) vidljiv je poboljšan učinak na sve tri korovne vrste. Ovime je potvrđena tvrdnja **Grossmana i Ehrhardta (2007)** o progresivnom karakteru herbicidnog učinka. Autori navedeno objašnjavaju boljim translokacijskim djelovanjem herbicida topramezona na enzim 4-HPPD i duljim vremenskim razdobljem (ekspozicijom) pod utjecajem svjetla potrebnim za dezintegraciju klorofila, što je i konačni učinak herbicida na osjetljive korovne vrste.

U kontroliranim uvjetima ovog istraživanjima utvrđena je različita osjetljivost istraživanih korovnih vrsta (europskog mračnjaka, limundžika i šćira) na topramezon. Limundžik je kroz sva tri parametra (vizualna ocjena oštećenja, redukcija svježe mase i suhe tvari) osjetljiv na topramezon primijenjen i bez adjuvanata. Iz navedenog zaključujemo da topramezonu za redukciju mase svježe mase ili suhe tvari limundžika veću od 80% nije potrebno dodavati adjuvante. Naime, i najniža istraživana doza (8,25 g d.t. ha^{-1}) primijenjena bez adjuvanata (utvrđena 21 dan nakon tretiranja) izazvala je oštećenja nadzemne mase od 81,7%, čak štoviše i povećanje doze nije znatnije povećalo oštećenje. Postotak oštećenja je povećan kombiniranjem doze i adjuvanata, ali povećanje nije signifikantno. Navedenim su potvrđeni i rezultati pokusa provedenih u polju gdje je na svim istraživanim tretmanima gdje je primijenjen herbicid topramezon učinak na limundžik već nakon dva tjedna bio 100%.

Kod učinaka na redukciju masu suhe tvari limundžika nije utvrđena signifikantno opravdana razlika između interakcije doza topramezona x adjuvant. Sve istraživane kombinacije su postigle izvrsne učinke i kod najniže primijenjene doze topramezona. U istraživanju **Lavy-a i Santelmann-a (1986)** koji su utvrđivali osjetljivost genotipa kukuruza

kroz mjerenje suhe nadzemne mase biljke, autori navedeni parametar smatraju nepouzdanim zbog toga što i biljka s nekrotiziranim (oštećenim) listovima daje približno sličnu suhu masu kao i herbicidom netretirana (zdrava) biljka. Slično je utvrđeno i kod vrijednosti mase suhe tvari limundžika. Naime, usporedimo li vizualne ocjene učinka s učinkom redukcije mase svježe mase i suhe tvari, vidljivo je da ocjene značajno ne odstupaju odnosno vrijednosti učinaka istraživanih tretmana neovisno o metodi (parametru) utvrđivanja imaju vrlo slične tendencije. Kod mjerenja mase suhe tvari prikazani učinci se značajno ne razlikuju zbog većeg udjela lista i zeljaste stabljike koja karakterizira limundžik u ranijem razvojnom stadiju u odnosu na druge dvije istraživane korovne vrste kao i zbog sporijeg djelovanja herbicida topramezona. Odlični učinci topramezona na limundžik su utvrđeni već tjedan dana nakon tretiranja u obliku bijeljenja novih mladih listova. Naime, korovna biljka pod stresom živi „na račun“ starih listova u kojima se i dalje djelomično odvija fotosinteza te biljka kraći vremenski period nastavlja s rastom. Kasnije, prelaskom bijeljenja na starije listove, na mlađim listovima se javljaju nekroze koje se postupno šire na cijelu biljku (**Grossman i Ehrhardt, 2007**). Zbog toga je 21 dan nakon tretiranja utvrđen izvrstan učinak svih istraživanih tretmana na limundžik mjeren vizualnim ocjenama oštećenja, dok su sušenjem svježe mase limundžika „izgubljene“ statistički opravdane razlike između tretmana u istraživanju, odnosno zbog tretmana suha nekrotizirana masa limundžika i nakon stavljanja u sušionik nije znatno izgubila na vrijednosti mase.

Za razliku od prethodno opisanog limundžika, vrste europski mračnjak i šćir nisu iskazale tako visoku osjetljivost na istraživani herbicid. Zadovoljavajući učinak (>70%) topramezona primijenjenog bez adjuvanta na redukciju svježe nadzemne i mase suhe tvari europskog mračnjaka i šćira kombinacije topramezon+COC na mračnjak je utvrđen kod preporučene doze topramezona (66 g d.t. ha^{-1}) kad se redukcija promatra kroz parametar svježe nadzemne mase, odnosno polovične doze (33 g d.t. ha^{-1}) za parametar suha tvar. Dodavanje dušičnih gnojiva UAN i AMS kombinaciji topramezona sa COC-om nije značajno poboljšalo učinak na šćir, dok je značajno (za više od 60%) poboljšan učinak na mračnjak.

Kad je topramezon primijenjen s adjuvantom iz skupine COC, dodavanjem osmine doze (8,25 g d.t. ha^{-1}) topramezona utvrđena je različita redukcija mase svježe mase i suhe tvari kod vrsta europski mračnjaka i šćir. COC adjuvant u kombinaciji s najnižom dozom topramezona u istraživanju je postigao učinak od 81% na masu svježe mase, odnosno 76% na masu suhe tvari šćira, dok je redukcija kod mračnjaka bila znatno niža i iznosila je 19%, odnosno 24%. Zadovoljavajući učinak (>70%) kombinacije topramezon+COC na mračnjak je utvrđen kod preporučene doze topramezona (66 g d.t. ha^{-1}) kad se redukcija promatra kroz

parametar svježe nadzemne mase, odnosno polovične doze (33 g d.t. ha^{-1}) za parametar suha tvar. Dodavanje dušičnih gnojiva UAN i AMS kombinaciji topramezona s COC-om nije znatno poboljšalo učinak na šćir, dok je znatno (za više od 60%) poboljšan učinak na mračnjak.

Dodavanjem adjuvanta iz skupine NIS-a herbicidu topramezonu, zadovoljavajući učinak na europski mračnjak mjereno kroz oba istraživana parametra je iskazala četvrtina doze (16,5 g d.t. ha^{-1}) na europski mračnjak i polovina (33 g d.t. ha^{-1}) na šćir. Dušično gnojivo je znatno pomoglo učinku kombinacije topramezona i adjuvanta NIS-a te je već pri osmini doze topramezona (8,25 g d.t. ha^{-1}) u navedenim kombinacijama utvrđen zadovoljavajući učinak na mračnjak i šćir. Iz tablice 5 je vidljivo da pH vrijednost škropiva kad se topramezonu doda adjuvant iz skupine NIS-a i dušična gnojiva ima istu tendenciju kao i pH vrijednost kombinacija s COC-om. Utvrđen je bolji učinak herbicida na mračnjak kad je herbicidu dodano dušično gnojivo. U istraživanjima **Thompsona i Nissena (2000)** utvrđeno je da je usvajanje herbicida karfentrazon-etila u biljke europskog mračnjaka znatno ovisilo o dodatku adjuvanta i UAN-a. Tako je 24 sata nakon tretiranja apsorbirano 46% herbicida kad u škropivo nije dodan adjuvant, dok je dodatkom UAN-a usvojeno 52%. Kad je uz isti herbicid u škropivo dodan i NIS ili COC, učinci su bili 71, odnosno 73%. Iste kombinacije s UAN-om postigle su učinke od 84 i 77%. **Nurse i sur.** (**2008)** su također utvrdili da se pravilnim odabirom adjuvanata može povećati učinak herbicida. Dodavanjem AMS-a niskim dozama herbicida glifosata (225 i 450 g d.t. ha^{-1}) utvrdili su bolji učinak na europski mračnjak. **Pratt i sur. (2003)** su također utvrdili poboljšani učinak (i to za 40%) glifosata (280 g d.t.ha^{-1}) u kombinaciji s AMS-om na europski mračnjak. **Belles i sur. (2006)** su utvrdili da AMS poboljšava učinak glifosata na mračnjak neovisno o formulaciji. U istraživanju **Ostojića**, iako je mračnjak utvrđen malim brojem jedinki na jedinici površine, ustanovljena je visoka osjetljivost mračnjaka na herbicid mezotrion primijenjen u *post-em* roku u kombinaciji s adjuvantima iz skupine COC i NIS. Učinak 72-144 g d.t. ha^{-1} mezotriona na redukciju nadzemne mase mračnjaka je iznosio 100% (**Kekuš, 2006**). **Santel (2009)** je utvrdio znatnu osjetljivost šćira na herbicid tembotrion, također inhibitor enzima 4-HPPD kao i topramezon. Autor zaključuje da je pri dozi tembotriona od 75 – 100 g d.t. ha^{-1} učinkovitost na šćir veća od 90%. **Ostojić** na 23 lokacije gdje je istraživan herbicid mezotrion u različitim dozama i u kombinaciji s različitim adjuvantima utvrđuje učinak mezotriona u dozi 100 g d.t. ha^{-1} primijenjenog u *post-em* roku 95-100% na šćir **(Kekuš, 2006).**

Učinak topramezona na redukciju mase svježe mase i suhe tvari europskog mračnjaka i šćira u kombinaciji s adjuvantom MSO je bio oko 70% za oba parametra na mračnjak i veći

od 80% na šćir već kod najniže doze topramezona. Dodavanje dušičnih gnojiva UAN i AMS uz ovaj adjuvant nije znatno poboljšalo učinak istraživane kombinacije. Slične rezultate iznose i **Goršić i sur. (2008)** koji su utvrdili znatnu osjetljivost šćira na topramezon na dvije lokacije tijekom dvije godine. Učinak doza topramezona od 50,4 i 67,2 g d.t. ha^{-1} uz dodatak adjuvanta iz skupine MSO u dozi 1 l ha^{-1} na obje istraživane lokacije i obje godine je bio 100%. Ovi rezultati potvrđeni su i u istraživanju **Schönhammer-a i sur. (2006)** koji su na osnovu 180 pokusa postavljenih širom Svijeta utvrdili učinak 50,4 g d.t. ha^{-1} topramezona na šćir 98%, a na osnovi 198 istraživanja doze topramezona od 75,6 g d.t. ha^{-1} učinak je bio 99%. Učinak na vrstu europski mračnjak u navedenom istraživanju je bio još bolji (100%). U istraživanjima ovih autora herbicidu topramezonu je dodan adjuvant iz skupine MSO-a.

I na europski mračnjak i na šćir zadovoljavajući učinak je postigla i osmina (8,25 g d.t. ha^{-1}) preporučene doze topramezona u kombinaciji s dušičnim gnojivima. U oba slučaja bolji učinak na redukciju mase svježe i suhe mase i šćira i mračnjaka postigla je kombinacija najniže doze topramezona s adjuvantom AMS. Kod vrste europski mračnjak bolji je učinak herbicida kad je u škropivo dodan adjuvant AMS koji ima i funkciju kondicionera vode. Naime, amonijevi ioni umanjuju slabiji učinak herbicida koji nastaje zbog antagonizma izazvanog kationima metala (Ca, Na, K, Mg) u vodi kao najčešćem nosaču herbicida (**Nalewaja i Matysiak, 1993**). Problemi antagonizma često se javljaju s pripravcima na osnovi herbicida glifosata kad je voda za pripremu škropiva tvrda (**Thelen i sur., 1995**) ili kad biljke izlučuju kalcijeve soli na lisnu površinu, kao primjerice, u vrstama porodice *Malvaceae*, poput vrste *Abutilon theophrasti* (**Hall i sur., 2000**). U nekoliko je istraživanja utvrđeno da dodatak AMS-a herbicidima glufosinatu (**Maschhoff i sur., 2000**) ili izoksaflutolu povećava učinak na vrstu europski mračnjak (**Young i sur., 2003**).

Mogućnost racionalne primjene topramezona u kombinaciji s adjuvantima potvrđuju i rezultati pokusa u poljskim i u kontroliranim uvjetima. U poljskim uvjetima je reducirana doza topramezona (45 g d.t. ha^{-1}) u kombinaciji s adjuvantima COC+UAN, COC+AMS, MSO, MSO+UAN, MSO+AMS, NIS, NIS+UAN i NIS+AMS postigla učinak od 100% na ukupnu masu korova na obje lokacije u obje godine. Učinci smanjenih doza topramezona izraženi kroz GR_{90} vrijednost doze topramezona na pokusima provedenim u kontroliranim uvjetima još su uvjerljiviji. Iz tablice 34 vidljivo je da je na limundžik za kojeg je već navedeno da je najosjetljivija korovna vrsta u istraživanju, GR_{90} dozu topramezona uz primjenu adjuvanata moguće smanjiti od 52 do čak 59 puta u odnosu na preporučenu dozu. **Nurse i sur. (2010)** su utvrdili GR_{90} dozu mezotriona od 45 g d.t. ha^{-1} na istu vrstu. Navedena doza je znatno niža u odnosu na rezultate istraživanja **Bollmana i sur. (2008)** koji su za isti

parametar utvrdili dozu od 158 g d.t. ha^{-1} mezotriona u kombinaciji s najmanje 280 g d.t. ha^{-1} atrazina. Prema istraživanju provedenom u Virginiji, 105 g d.t. ha^{-1} mezotriona je reduciralo samo 40% nadzemne mase limundžika **(Whaley i sur., 2006)**. Navedeni rezultati istraživanja upućuju na znatnu razliku u osjetljivosti limundžika prema topramezonu i mezotrionu iako su oba iz iste skupine prema mehanizmu djelovanja.

Parametar GR_{90} je moguće smanjiti od 2 do 27 puta kad se proučava kroz redukciju mase svježe nadzemne mase mračnjaka. Najveća GR_{90} doza topramezona na masu svježe mase mračnjaka je bila 33,28 g ha^{-1} (polovična doza) kad je topramezon primijenjen bez adjuvanata. Za kombinacije topramezona s adjuvantima MSO+AMS, COC+UAN, COC+AMS, NIS+UAN i NIS+AMS utvrđena je GR_{90} doza topramezona na masu svježe mase i suhe tvari manja od osmine preporučene doze (8,25 g d.t. ha^{-1}).

Vrijednosti GR_{90} osjetljivosti mračnjaka na herbicid mezotrion se podudaraju sa osjetljivošću iste vrste na topramezon. Tako **Pannaci i Covarelli (2009)** utvrđuju GR_{90} dozu mezotriona na mračnjak u vrijednosti 19,8 g d.t. ha^{-1} (najviša preporučena doza iznosi 150 g d.t. ha^{-1}). **Nurse i sur. (2010)** pak utvrđuju GR_{90} vrijednost redukcije mračnjaka s 31 g d.t. ha^{-1} mezotriona kod primjene u *post-em* roku na području Kanade, dok je isti pokazatelj kod primjene u *pre-em* roku 288 g d.t. ha^{-1}. Nasuprot tome, **Bollman i sur. (2008)** zaključuju da je mračnjak najosjetljivija od tri istraživane korovne vrste (loboda, mračnjak, limundžik) na mezotrion te da mu je GR_{50} vrijednost samo 5 g d.t. ha^{-1}, što je za oko osam puta manje u odnosu na istraživanje **Nursea i sur. (2010)**. Odstupanja u GR_{90} vrijednostima u navedenim istraživanjima mogu se povezati s različitim pedoklimatskim i drugim uvjetima, što govori o značaju provođenja bioloških istraživanja učinaka herbicida svake zemlje u svojim agroekološkim uvjetima.

Bunting i sur. (2004a) su utvrdili da dodavanje COC-a foramsulfuronu ne poboljšava učinak na GR_{80} vrijednost za redukciju mase svježe mase i suhe tvari mračnjaka. Također ni dodatak dušičnih gnojiva UAN i AMS (za razliku od poboljšanja učinka topramezona) nije statistički opravdano poboljšao učinak foramsulfurona na europski mračnjak. Tek je dodatkom NIS-a herbicidu foramsulfuronu GR_{80} vrijednost na mračnjak iznosila više od 37 g d.t. ha^{-1}, dok je kod kombinacije NIS+UAN navedena vrijednost bila nešto manja, odnosno iznosila je 31 g. Isti autori su utvrdili da niti 50% veća doza foramsulfurona od registrirane u kombinaciji s adjuvantima nije postigla znatno bolji učinak u odnosu na registriranu. Navedeno vodi zaključku da europski mračnjak nije u spektru djelovanja herbicida foramsulfurona.

Satchivi i sur. (2000) su utvrdili da je dodatkom AMS-a poboljšano usvajanje glifosata u biljke vrsti *Abutilon theophrasti* i *Setaria faberi* za 25% i 42%. U Sjedinjenim Američkim Državama AMS se uobičajeno primjenjuje s glifosatom kako bi se smanjio rizik antagonizma s tvrdom vodom. Povećano usvajanje glifosat-amonij soli daje mogućnost primjene smanjene doze glifosata koja je potrebna za redukciju 80% nadzemne mase u odnosu na registriranu.

Doprinos adjuvanata smanjenju doze topramezona potrebne za redukciju 90% nadzemne mase najbolje je utvrđen kod korovne vrste šćira. Kad je topramezon primijenjen bez adjuvanata GR_{90} doza topramezona je bila 406,8 g d.t. ha^{-1}, odnosno 6,2 puta veća od preporučene doze (66 g d.t. ha^{-1}). Dodatkom adjuvanata, doza GR_{90} je bila od 1,09 g (COC+UAN) do 61,85 uz dodatak UAN-a g d.t. ha^{-1} topramezona. Za sve ostale kombinacije osim NIS-a utvrđena je GR_{90} doza niža od osmine (8,25 g d.t. ha^{-1}) preporučene, dok je za NIS iznosila 13,82 g. Različiti rezultati su zabilježeni kod istraživanja GR_{90} doze za mezotrion na šćir, a ovisili su o vremenu primjene kao i o lokaciji. Tako **Nurse i sur. (2010)** utvrđuju najnižu GR_{90} vrijednost 19 i 16 g d.t. ha^{-1} mezotriona na dvije lokacije, dok je na jednoj lokaciji utvrđena doza potrebna za redukciju 90 % nadzemne mase šćira od 108 g d.t. ha^{-1} mezotriona što je vrlo slično dozi od 100 g d.t. ha^{-1} koja se primjenjuje u *post-em* i 140 g d.t. ha^{-1} u *pre-em* roku. Najveća GR_{90} doza mezotriona od 243 g d.t. ha^{-1} je zabilježena na jednoj lokaciji, a autori je povezuju s tipom tla i sadržajem organske tvari u tlu (*pre-emergence* aplikacija). U navedenom istraživanju autori nisu utvrdili statistički opravdanu razliku između vremena primjene mezotriona u učinku na šćir. **Pannacci i Covarelli (2009)** nisu utvrdili tako znatnu razliku u istraživanju GR_{90} vrijednosti herbicida mezotriona na šćir na pokusima postavljenim na području Italije. U trogodišnjem istraživanju u poljskim uvjetima utvrdili su raspon doza od 25,4 g do 28,3 g d.t. ha^{-1}. Značaj dodavanja adjuvanata herbicidima vidljiv je i iz rezultata istraživanja **Stagnaria i sur., (2006)**. Dodatkom fluoriniranih adjuvanata herbicidu triflusulfuron-metilu, GR_{90} vrijednost na šćir bila je smanjena od 10 do 44,6% u odnosu na tretman kad adjuvant nije dodan. Nasuprot tome, dodavanje adjuvanata NIS+UAN, COC+UAN, MSO+UAN i MSO+AMS reduciranoj dozi (67 % od preporučene) herbicida foramsulfurona u odnosu na tretman herbicida kojem nije dodan adjuvant nije povećao učinak na šćir u poljskim uvjetima **(Bunting i sur., 2004a)**.

Prema rezultatima ovog istraživanja i u usporedbi sa sličnim istraživanjima drugih autora, možemo zaključiti da su potvrđene hipoteze ovog istraživanja. Naime, uz kombinacije s odgovarajućim adjuvantima moguće je postići bolji učinak na korove od učinka iste doze primijenjene bez adjuvanata. Čak štoviše, uz primjenu adjuvanata propisanu dozu (66 g d.t.

ha^{-1}) moguće je znatno smanjiti, a da učinak herbicida bude isti ili bolji od učinka pune doze topramezona. Prema tome, primjena topramezona se može uklopiti u racionalnu primjenu herbicida koju opisuje **Barić i sur. (2007)**. Ovi autori utvrđuju različite načine kojima se može provesti racionalizacija primjene herbicida u kukuruzu. Kao važne činitelje navode: primjenu novih djelatnih tvari koje se primjenjuju u nižim dozacijama, dati prednost *post-emergence* roku, mogućnost primjene smanjenih dozacija, poboljšanu tehniku prskanja i ostale mogućnosti za racionalizaciju herbicida. Iz navedenog je vidljivo da je topramezon prihvatljiv herbicid za racionalnu primjenu u kukuruzu. Preporučena doza topramezona je relativno niska (66 g d.t. ha^{-1}), a u istraživanjima je utvrđeno da je primjenom optimalne kombinacije adjuvanata dozu moguće još višestruko smanjiti. Topramezon se također primjenjuje u optimalnom roku s gledišta racionalne primjene herbicida, a to je *post-emergence.* Optimalnom tehnikom aplikacije topramezona može se postići pouzdan učinak na korove.

6. ZAKLJUČCI

Na temelju provedenih istraživanja mogu se donijeti sljedeći zaključci:

1. U poljskim uvjetima istraživanja dominantne korovne vrste bile su: *Amaranthus retroflexus, Chenopodium album, Polygonum persicaria, Ambrosia artemisiifolia i Echinochloa crus-galli.*
2. Ukupna masa nadzemne mase korova na lokaciji u Karlovcu je iznosila 2488 g, odnosno 3355 g m^{-2} (2009.), a na lokaciji u Šašinovečkom Lugu 908 g, odnosno 1355 g m^{-2} u drugoj godini istraživanja.
3. Masu i broj jedinki širokolisnih korova u poljskim uvjetima su zadovoljavajuće reducirali svi istraživani tretmani neovisno o lokaciji i godini istraživanja.
4. Na redukciju mase i broja jedinki uskolisnih korova u poljskim uvjetima signifikantno slabiji učinak na korove utvrđen je kod primjene reducirane (45 g d.t. ha^{-1}), ali i kod pune (66 g d.t. ha^{-1}) doze topramezona bez adjuvanata i kod primjene reducirane doze topramezona u kombinaciji s adjuvantima COC, COC+UAN, UAN i AMS. Navedeni učinci razlikovali su se u odnosu na lokaciju i godinu istraživanja.
5. Promatrano kroz parametar broja jedinki i kroz parametar nadzemne mase svih zatečenih korovnih vrsta, učinak reducirane doze topramezona (za 33%) u kombinaciji s adjuvantima COC+UAN, COC+AMS, MSO, MSO+UAN, MSO+AMS, NIS, NIS+UAN i NIS+AMS u poljskim uvjetima bio je odličan (100%). Ovi rezultati signifikantno su bolji od učinaka primjene pune (propisane) doze topramezona bez dodatka adjuvanata.
6. Ovisno o lokaciji i godini istraživanja korovi su različito utjecali na prinos zrna kukuruza. Na lokaciji u Karlovcu prinos na ne tretiranim parcelama (kontroli) u odnosu na prosječni prinos svih istraživanih tretmana bio je umanjen za 51,5% u prvoj, odnosno za 38,0% u drugoj godini istraživanja. Na lokaciji Šašinovečki Lug gdje je intenzitet zakorovljenosti bio slabiji, u prvoj godini istraživanja (2008.) gotovo da nije bilo negativnog učinka korova na prinos, dok je u drugoj godini prinos na kontrolnoj parceli bio umanjen za prosječno 19,4% u odnosu na prosječni prinos svih istraživanih tretmana. Razlike između prinosa pojedinih tretmana nisu signifikantne.
7. Europski mračnjak – *Abutilon theophrasti* Med. je osjetljiva vrsta na herbicid topramezon. Primijenjen u prepolovljenoj dozaciji (33 g d.t. ha^{-1}) bez adjuvanata zadovoljavajuće je reducirao (76,6%) masu mračnjaka. Dodatkom adjuvanata

COC+UAN, COC+AMS, MSO+AMS, NIS+UAN, NIS+AMS i AMS, najnižoj istraživanoj dozi topramezona (8,25 g d.t. ha^{-1}) masa nadzemne mase mračnjaka reducirana je od 85,1 do 90,7%. Četvrtina propisane doze topramezona (16,5 g d.t. ha^{-1}) uz dodatak adjuvanata MSO, NIS i UAN također je zadovoljavala učinkom (od 73,1 do 81,5%).

8. Prema logaritamskoj funkciji izračunate vrijednosti GR_{90} za redukciju svježe mase mračnjaka iznosile su 33,28 g ha^{-1} topramezona bez adjuvanata. GR_{90} vrijednosti količine topramezona manje od najniže istraživane doze (8,25 g d.t. ha^{-1}) bile su izračunate kod adjuvanata: COC+UAN, COC+AMS, MSO+AMS, NIS, NIS+UAN i NIS+AMS. GR_{90} vrijednosti topramezona manje od istraživane doze 16,5 g. d.t. ha^{-1} bile su kod adjuvanata MSO, MSO+UAN i UAN, dok je za adjuvant COC izračunata vrijednost GR_{90} bila nešto veća (17,61 g d.t. ha^{-1}) od ove istraživane doze. GR_{90} vrijednosti količine topramezona potrebne za redukciju suhe tvari mračnjaka ukupno gledano su niže od GR_{90} vrijednosti izračunate za redukciju svježe mase. Iznose 29,91 g topramezona bez adjuvanata, dok su GR_{90} vrijednosti manje od najniže istraživane doze (8,25 g d.t. ha^{-1}) kod svih istraživanih adjuvanata, osim COC, MSO, MSO+UAN, NIS i UAN čije se GR_{90} vrijednosti nalaze između 8,25 i 16,5 g topramezona ha^{-1}.
9. Limundžik – *Ambrosia artemisiifolia* L. je vrlo osjetljiva vrsta na herbicid topramezon te je i bez dodavanja adjuvanata herbicidu GR_{90} vrijednost za redukciju mase svježe mase i suhe tvari iznosila samo 2,79 g d.t. ha^{-1} topramezona.
10. Vrsta šćir – *Amaranthus retroflexus* L. je iskazala najmanju osjetljivost prema herbicidu topramezonu. Ni dvostruko veća doza topramezona (132 g d.t. ha^{-1}) od propisane bez adjuvanata nije zadovoljavajuće (<70%) reducirala masu šćira. Međutim, svi su istraživani adjuvanti, osim MSO+UAN i NIS-a, primijenjeni i uz najnižu dozu topramezona (8,25 g d.t. ha^{-1}), reducirali svježu masu šćira u rasponu od 75,0 do 92,4%.
11. Primjena adjuvanata značajno je utjecala na GR_{90} vrijednost topramezona. Tako je za redukciju 90% svježe mase šćira potrebno čak 406,8 g ha^{-1} topramezona kad se primijenjuje bez adjuvanata. Dodavanjem adjuvanata GR_{90} vrijednost je za sve istraživane adjuvante bila manja od najniže doze u istraživanju, osim za MSO+UAN (9,08 g d.t. ha^{-1}), NIS (13,82 g d.t. ha^{-1}) i UAN (61,84 g d.t. ha^{-1}). Zbog sličnih trendova i GR_{90} vrijednosti za redukciju suhe tvari šćira, zaključak je isti kao i kod prethodnog parametra.

12. Na osnovu rezultata istraživanja zaključujemo da je suzbijanje sve tri istraživane vrste (mračnjak, limundžik i šćir) moguće obaviti pravilnim odabirom kombinacije topramezona i adjuvanata. Pri tome je moguće primijeniti manje od osmine preporučene doze topramezona (8,25 g d.t. ha^{-1}) kako bi se postigla redukcija nadzemne mase navedenih korovnih vrsta veća od 90%. Takvi adjuvanti, odnosno kombinacije adjuvanata u ovom istraživanju su: COC+UAN, COC+AMS, MSO+AMS, NIS+UAN i NIS+AMS.

    Adjuvanti kojima je za redukciju 90% svježe nadzemne mase mračnjaka, šćira i limundžika potrebna doza manja od četvrtine preporučene (16,5 g d.t. ha^{-1}) doze topramezona su: COC+UAN, COC+AMS, MSO, MSO+UAN, MSO+AMS, NIS, NIS+UAN, NIS+AMS i AMS.

7. POPIS LITERATURE

1. Abdollahi F.I. Ghadiri H. (2004). Effect of separate and combined applications of herbicides on weed control and yield of sugar beet. Weed Technology 18: 968-976
2. Ahrens W.H., Cox D.J., Budhwar G. (1990). Use of the arcsine and square root transformations for subjectively determined percentage data. Weed Science 38: 452-458
3. Anonymus (1994). Herbicide handbook – seventh edition (ur. Ahrens W.H.)., WSSA, Champaign, USA
4. Anonymus (1998). Bijelo ulje – Rješenje – dozvola za promet i primjenu sredstva za zaštitu bilja – *pomoćnog sredstva.* Ministarstvo poljoprivrede i šumarstva, Zagreb
5. Anonymus (1999). Annual Book of ASTM Standards, Vol. 11.05. Designation E 1519-95, Standard Terminology Relating to Agricultural Tank Mix Adjuvants. str. 905-906.
6. Anonymus (2004). Adjuvants in UK Pesticide Guide 2004 (ur. Whitehead R.)., Cabi publishing, Wallingford, Oxon, UK
7. Anonymus (2005). Topramezone. Pesticide Fact Sheet, EPA – Office of Prevention, Pesticides and Toxic Substances (7501C)
8. Anonymus (2007a). Herbicide handbook – ninth edition (ed. Senseman S.A.)., WSSA, Lawrence, USA
9. Anonymus (2007b). Break thru – Rješenje – dozvola za promet i primjenu sredstva za zaštitu bilja – *pomoćnog sredstva.* Ministarstvo poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvoja, Zagreb
10. Anonymus (2008). Dash HC – Rješenje – dozvola za promet i primjenu sredstva za zaštitu bilja – *pomoćnog sredstva.* Ministarstvo poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvoja, Zagreb
11. Armel G.R.,Wilson H.P.,Richardson R.J., Hines,T.E. (2003). Mesotrione combinations in no-till corn (*Zea mays*). Weed Technology 17: 111-116
12. Barić K., Galzina N., Goršić M. (2007). Mogućnost racionalne primjene herbicida u kukuruzu. Glasilo biljne zaštite 5: 366-371
13. Barić K., Ostojić Z. (2012). Herbicidi, U Pregled sredstava za zaštitu bilja u Hrvatskoj za 2012. godinu (ur. Cvjetković B.). Hrvatsko društvo biljne zaštite, Zagreb

14. Bažok R., Igrc Barčić J. (2011). Insekticidi, U Pregled sredstava za zaštitu bilja u Hrvatskoj za 2011. godinu (ur. Cvjetković B.). Hrvatsko društvo biljne zaštite, Zagreb
15. Beckett T.H., Stoller E.W., Wax L.M. (1988). Interference of 4 annual weeds in corn (*Zea mays*). Weed Science 36: 764-769
16. Belles D., Shaner D., Westra P., Brunk G. (2006). Comparison of efficacy, absorption and translocation of three glyphosate formulations on velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). Pest Management Science 62: 1177-1181.
17. Bendixen L.E. (1986). Corn (*Zea mays*) yield in relationship to Johnsongrass (*Sorghum halepense*) population. Weed Science 43: 449-451
18. Benvenuti S., Macchia M., Stefani A. (1994). Effects of shade on reproduction and some morphological characteristics of *Abutilon theophrasti* Medicus, *Datura stramonium* L. and *Sorghum halepense* L. Pers. Weed Research 34: 283-288
19. Berger S., Ellersiek U., Westhoff P., Steinmüller K. (1993) Studies on the expression of NDH-H, a subunit of the NAD(P)H-plastoquinoneoxidoreductase of higher plant chloroplasts. Planta 190: 25-31
20. Böger P., Sandmann G. (1998). Carotenoid biosynthesis inhibitor herbicides – mode of action and resistance mechanism. Pesticide Outlook 9: 29-35
21. Bollman, J.D., Boerboom, C.M., Becker, R.L., Fritz, V.A. (2008). Efficacy and tolerance to HPPD-inhibiting herbicide in sweet maize. Weed Technology 22: 666-674
22. Bosnic A.C., Svanton C.J. (1997). Influence of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) time of emergence and density on corn (*Zea mays*). Weed Science 45: 276-282
23. Bunting J.A., Sprague C.L., Riechers D.E. (2004a). Absorption and activity of foramsulfuron in giant foxtail (*Setaria faberi*) and woolly cupgrass (*Eriochloa villosa*) with various adjuvants. Weed Science 52: 513-517
24. Bunting J.A., Sprague C.L., Riechers D.E. (2004b). Proper adjuvant selection for foramsulam activity. Crop protection 23: 361-366
25. Cardina J., Regnier E., Sparrow D. (1995). Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) competition and economic tresholds in conventional and no-tillage corn (*Zea mays*). Weed Science 43: 81-87
26. Copping L.G. (2002). Post-emergence herbicides. Agrow reports, PJB Publications Ltd., London, UK

27. DeFelice M.S., Witt W.W., Barrett M. (1988). Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) growth and development in conventional and no-tillage corn (*Zea mays*). Weed Science 36: 609-615
28. Dew D.A. (1972). Indeks of competition for estimating crop losses due to weeds. Canadian Journal of Plant Science 52: 921-927
29. Dieleman A., Hamill A. S.,Fox G. C., Swanton C. J. (1996). Decision rules for postemergence control of pigweed (*Amaranthus* spp.) in soybean (*Glycine max*). Weed Science. 44:126–132.
30. Državni zavod za statistiku (2011). Statistički ljetopis 2011. Zagreb: Državni zavod za statistiku
31. Duncan A. (2003). Adjuvants and additives in crop protection. Agrow reports, PJB Publications Limited, Richmond, UK
32. Evetts, L.L., Burnside O.C. (1973). Early root and shoot develop-ment of nine plant species. Weed Science 21: 289-291
33. Fausey J.C., Kells J.J., Swinton S.M., Renner K.A. (1997). Giant foxtail (*Setaria faberi*) interaction in nonirigated corn (*Zea mays*). Weed Science 45: 256-260
34. Fisjunov A.V. (1984). Sornjie rasteni. Kolos, Moskva, SSSR
35. Foy C.L. (1993). Progress and developments in adjuvant use since 1989 in the USA. Pesticide Science 38: 65-76
36. Fritze I.M., Linden L., Freigang J., Auerbach G., Huber R., Steinbacher S. (2004). The Crystal Structures of *Zea mays* and *Arabidopsis* 4-Hydroxyphenylpyruvate Dioxygenase. Plant Physiology 134: 1388-1400
37. Galzina N., Barić K., Šćepanović M., Goršić M., Ostojić, Z. (2006). Invazivna korovna vrsta *Ambrosia artemissifolia* L.- stanje i rasprostranjenost u RH. Glasilo biljne zaštite 2006: 289-294.
38. Galzina N., Šćepanović M., Goršić M., Barić K., Ostojić Z. (2007). Učinak reduciranih doza herbicida na broj i masu korova u kukuruzu. Zbornik radova 42. hrvatski i 2. međunarodni simpozij agronoma, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb
39. Gašpar J., Ostojić Z., Barić K., Lacković R. (1996). Mogućnost primjene propisanih i reduciranih dozacija herbicida u UAN otopini u kukuruzu. Glasnik zaštite bilja 19: 48
40. Gauvrit C., Cabanne F. (1993). Oils for weed control: uses and mode of action. Pesticide Science 37: 147-153

41. Ghosheh H.Z., Holshouser D.L., Chandler J.M. (1996). Influence of density of Johnsongrass (*Sorghum halepense*) interference in field corn (*Zea mays*). Weed Science 44: 879-883
42. Gitsopoulos T.K., Melidis V., Evgenidis G. (2010). Response of maize (*Zea mays* L.) to post-emergence applications of topramezone. Crop Protection 29: 1091-1093
43. Goršić M., Barić K., Galzina N., Šćepanović M., Ostojić Z. (2008). Weed control in maize with new herbicide topramezone. Cereal Research Communications 36, Supplement S: 1627-1630
44. Goršić M., Ostojić Z., Barić K. (2011). Agricultural adjuvants-a Tower of Babylon. Proceedings of the 3rd International Symposium on Weeds Sarajevo, 20-21 May, 2011 (part II). Herbologia, Vol. 12, No. 2: 81-87
45. Gotlin J. (1967). Suvremena proizvodnja kukuruza. „Agronomski glasnik“, Zagreb
46. Green J.M. (1996). Interaction of surfactant dose and spray volume on rimsulfuron activity. Weed Technology 10: 508-510
47. Green J.M., Beestman G.B. (2007). Recently patented and commercialized formulation and adjuvant technology. Crop Protection 26: 320-327
48. Green J.M., Cahill W.R. (2003). Enhancing the Biological Activity of Nicosulfuron with pH Adjusters. Weed Technology 17: 338-345
49. Green J.M., Green J.H. (1993). Surfactant structure and concentration strongly affect rimsulfuron activity. Weed Technology 7: 633-640
50. Grilli M. (1969). *Abutilon avicennae* Gaertn. infestante del mais in Italia. Maydica XIV: 107-118
51. Grossman K., Erhardt T. (2007). On the mechanism of action and selectivity of the corn herbicide topramezone: a new inhibitor of 4-hydroxyphenylpyruvate dioxygenase. Pest Management Science 63: 429-439
52. Grubišić D. (2001). Istraživanje entomofaune korovne vrste *Abutilon theophrasti* Med.. Magistarski rad, Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu
53. Hagood E.S., Bauman T.T., Williams J.T., Schreiber M.M. (1980). Growth analysis of soybean (*Glycine max*) in competition with velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). Weed Science 28: 729-734
54. Hall G.A., Hart C.A., Jones C.A. (2000). Plants as sources of cations antagonistic to glyphosate activity. Pest Management Science 56: 351-358
55. Hall M.R., Swanton C.J., Anderson G.W. (1992). The critical period of weed control in grain corn. Weed Science 40: 441-447

56. Hanf M. (1982). Ackerunkräuter Europas mit ihren Keimlingen und Samen. BASF, Ludwigshafen
57. Hatterman-Valenti A.,Pitty A., Owen M. (2011). Environmental Effects on Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) epicuticular wax deposition and herbicide absorption. Weed Science 59: 14-21
58. Hazen J.L. (2000). Adjuvants – terminology, classification, and chemistry. Weed Technology 7:773-784
59. Herrero M.P., Johnson R.R. (1981). Drought stress and its effects on maize reproductive systems. Crop Science 21: 105-110
60. Hess F.D., Foy C.L. (2000). Interaction of surfactants with plant cuticles. Weed Technology 14: 807-813
61. Hirai K., Uchida A., Ohno R. (2002). Major synthetic routes formodern herbicide classes and agrochemical characteristics, U Herbicide Classes in Development, (ur. Böger P., Wakabayashi K., Hirai K.) Springer-Verlag, Berlin, str. 179-289
62. Holec J., Soukup J., Jursik M., Hamouz P. (2004). Invasive weed species on arable land in the Czech Republic. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz. Sonderheft XIX: 231-236
63. Holloway P.J. (1993). Structure and chemistry of plant cuticules. Pesticide Science 37: 203-206
64. Holt J.S., Boose A.B. (1997). Modeling potential spread of *Abutilon theophrasti* (velvetleaf). Brighton crop protection conference. Weeds, Volume I: 235-242
65. Kasperbauer M.J., Karlen D.L. (1994). Plant spacing and reflected far-red light effects on phytochrome-regulated photosynthate allocation in corn seedlings. Crop Science 34: 1564-1569
66. Kazinczi G. (2011). The changes of the composition of weed flora in southeastern and central europe as affected by cropping practices – Hungary. U Šarić T., Ostojić Z., Stefanović L., Deneva Milanova S., Kazinczi G., Tyšer L. The changes of the composition of weed flora in southeastern and central europe as affected by cropping practices. Herbologia 12: 19-24
67. Kazinczi G., Béres I., Novák R., Bíro K., Pathy Z. (2008a). Common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*): A review with special regards to the results in Hungary. I. Taxonomy, origin and distribution, morphology, life cycle and reproduction strategy. Herbologia 9(1): 55-91.

68. Kazinczi G., Béres I., Pathy Z., Novák R., Bíro K. (2008b). Common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*): A review with special regards to the results in Hungary. II. Importance and harmful effect, allergy, habitat, allelopathy and beneficial characteristics. Herbologia 9(1): 93-118.
69. Kekuš D. (2006). Spektar djelovanja herbicida mezotrion. Diplomski rad. Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu
70. Kirkwood R.C. (1999). Recent developments in our understanding of the plant cuticule as a barrier to the foliar uptake of pesticides. Pesticide Science 55: 69-77
71. Knežević S.Z., Streibig J.C., Ritz C. (2007). Utilizing R software package for dose-response concept and dana analysis. Weed Technology 21: 840-848
72. Knežević S.Z., Weise S.F., Swanton C.J. (1994). Interference of redroot pigweed (*Amaranthu retroflexus*) in corn (*Zea mays*). Weed Science 42: 568-573
73. Knowles A. (2006). Adjuvants and additives: 2006 edition. Agrow Reports, Informa UK Ltd, London
74. Kostov T., Pacanoski Z., Trajkovski T., Glatkova G. (2004). Results of Examinations of Some New Herbicides in Maize. Yearbook for Plant Protection, Volume XV, 53-59, Skopje.
75. Kostov T., Pacanoski Z. (2009). *Ambrosia artemisiifolia* L. (Common ragweed) quarantine weed in R. Macedonia. Yearbook for Plant Protection, Volume XX, 43-48, Skopje.
76. Kovačević J. (1943). Prinos poznavanju sjemenske korovne flore u hrvatskom naturalnom sjemenju crvene djeteline (*Ambrosia artemisiifolia* L.) u sjemenju hrvatske crvene djeteline). Poljodjelska znanstvena smotra, sv. 7, Zagreb
77. Kovačević J. (1976). Korovi u poljoprivredi. Nakladni zavod znanje, Zagreb
78. Kovačević J., Groman E. (1964). Korov limundžik (*Ambrosia artemisiifolia* L.) u Jugoslaviji. Zaštita bilja, 77, XV, str. 81-85, Beograd
79. Kropff M.J., Weaver S.E., Smits M.A. (1992). Use of ecophysiological models for crop-weed interference: relations amongst weed density, relative time of weed emergence, relative leaf area and yield loss. Weed Science 40: 296-301
80. Lavy T.L., Santelmann P.W. (1986). Herbicide bioassay as a research tool. str 201—218 in Camper, N. D., ed. Research Methods in Weed Science, 3rd Edition. South. Weed Sci. Soc., Champaign, IL
81. Lešnik M. (1999). Ekološke in fitocenološke razmere tekmovalnega odnosa med plevelom baržunasti oslez (*Abutilon theophrasti* Med.) in poljščinami v Sloveniji in

možnosti za njegovo zatiranje. Doktorska disertacija, Biotehniška fakulteta, Univerziteta v Ljubljani

82. Lindquist, J. L., Mortensen D. A. (1999). Ecophysiological characteristics of four maize hybrids and Abutilon theophrasti. Weed Research 39: 271- 285.
83. Loomis R.S., Williams W.A., Duncan W.G., Dovrat A., Nunez F. (1968). Quantitative descriptions of foliage display and light absorption in field communities of corn plants. Crop Science 8: 352-356
84. Lorens G.F., Bennett J.M., Loggale L.B. (1987). Differences in drought resistance between two corn hybrids. I. Water relation and root length density. Agronomy Journal 79: 802-807
85. Maceljski M., Cvjetković B., Igrc Barčić J., Ostojić Z. (2002). Priručnik iz zaštite bilja (za zaposlenike u poljoprivrednim ljekarnama) – drugo dopunjeno izdanje. Zavod za zaštitu bilja u poljoprivredi i šumarstvu Republike Hrvatske i Hrvatsko društvo biljne zaštite, Zagreb
86. Maschhoff J.R., Hart S.E., Baldwin J.L. (2000). Effect of ammonium sulphate on efficacy, absorption and translocation of glufosinate. Weed Science 48: 2-6
87. Massinga R.A., Currie R.S., Horak M.J. (2001). Interference of Palmer amaranth in corn. Weed Science 49: 202-208
88. Matringe M., Sailland A., Pelissier B., Rolland A., Zink O. (2005). p-Hydroxyphenylpyruvate dioxygenase inhibitor-resistantplants. Pesticide Management Science 61: 269-276
89. McLachlan S.M., Tollenaar M., Swanton C.J., Weise S.F. (1993). Effect of corn-induced shading on dry matter accumulation, distribution, and architecture of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*). Weed Science 41: 568-573
90. McMullan P.M. (2000). Utility adjuvants. Weed Technology 14: 792-797
91. Mitchell G., Bartlett D.W., Fraser T.E.M., Hawkes T.R., Holt D.C., Townson J.K., Witchert R.A. (2001). Mesotrione: a new selective herbicide for use in maize. Pest Management Science 57: 120–128
92. Mitich L.W. (1991). Intriguing World of Weeds – Velvetleaf. Weed Technology 5: 253-255
93. Mitich L.W. (1997). Redroot Pigweed (*Amaranthus retroflexus*). Weed Technology 11: 199-202
94. Mitić J. (1976). Pesticidi u prometu u Jugoslaviji 1976. Savezni komitet za poljoprivredu, Beograd

95. Müller T., Brancq B., Milius A., Okori N., Vaille C., Gauvrit C. (2002). Ethoxylated rapeseed oil derivates as novel adjuvants for herbicides. Pest Management Science 58: 1243–1249
96. Murphy S. D., Yakubu Y., Weise S.F., Swanton C.J. (1996). Effect of planting patterns and inter-row cultivation on competition between corn (*Zea mays*) and late emerging weeds. Weed Science 44: 856-870
97. Nalewaja J.D., Matysiak R. (1993). Optimizing adjuvants to overcome glyphosate antagonistic salts. Weed Technology 7: 337-342
98. Nalewaja J.D., Praczyk T., Matysiak R. (1995). Surfactants and oil adjuvants with nicosulfuron. Weed Technology 9: 689-695
99. Nandula V.K., Poston D.H., Krishna N.R., Koger C.H. (2007). Formulation and adjuvant effects on the absorption and translocation of 14C-clethodim in wheat (*Triticum aestivum* L.). Weed Biology and Management 7: 226-231
100. Norris S.R., Barrette T.R., Della Penna D. (1995). Genetic dissection of carotenoid synthesis in Arabidopsis defines plastoquinone as an essential component of phytoene desaturation. Plant Cell 7: 2139–2149
101. Novak N. (2007). Alelopatski utjecaj europskog mračnjaka (*Abutilon theophrasti* Med.) na neke poljoprivredne kulture. Magistarski rad, Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu
102. Nurse R.E., Hamill A.S., Swanton C.J., Tardif F.J., Sikkema P.H. (2010). Weed control and yield response to mesotrione in maize (*Zea mays*). Crop Protection 29: 652-657
103. Nurse R.E., Hamill A.S., Kells J.J, Sikkema P.H. (2008). Annual weed control may be improved when AMS is added to below-label glyphosate doses in glyphosate-tolerant maize (*Zea mays* L.). Crop Protection 27: 452-458
104. O'Donovan J.T., de St. Remy E.A., O'Sullivan P.A., Dew D.A., Sharma A.K. (1985). Influence of the relative time of emergence of wild oat (*Avena fatua*) on yield loss of barley (*Hordeum vulgare*) and wheat (*Triticum aestivum*). Weed Science 33: 498-503
105. Öerke E.C. (2005). Crop losses to pests. Journal of Agricultural Science 44: 31-43
106. Oliver L.R. (1979). Influence of soybean (*Glycine max*) planting date on velvetleaf (*Abutilon theoprasti*) competition. Weed Science 27: 183-188
107. Ostojić Z. (2001). Ambrosia - veći medicinski nego poljoprivredni problem. Gospodarski list 20: 41

108. Ostojić Z. (2005). Limundžik (*Ambrosia artemisiifolia*) – kako suzbiti opasnu pridošlicu. Gospodarski list 8: 57

109. Ostojić Z. (2007). O suzbijanju korova u kukuruzu. Glasilo biljne zaštite 2007: 350-352

110. Ostojić Z. (2011). The changes of the composition of weed flora in southeastern and central europe as affected by cropping practices – Croatia. U Šarić T., Ostojić Z., Stefanović L., Deneva Milanova S., Kazinczi G., Tyšer L. The changes of the composition of weed flora in southeastern and central europe as affected by cropping practices. Herbologia 12: 8-12

111. Ostojić Z., Flegar Z., Novak D. (1995). Višegodišnji rezultati istraživanja djelotvornosti sulfonilureja herbicida u kukuruzu. Zbornik predavanja in referatov z 2. Slovenskog posvetovanja o varstvu rastlin: 177-193, Radenci

112. Ostojić Z., Zadro J., Radiković Đ. (1992). Naši napasni korovi. Limunđik – *Ambrosia artemisiifolia* L. Glasnik zaštite bilja 9-10: 259-265

113. Pallett K.E. (2000). The mode of action of isoxaflutole: a case study of an emerging target site, U Herbicides and their Mechanisms of Action, (ur. Cobb A.H., Kirkwood R.C.), Academic Press, Sheffield, pp. 215–238

114. Pallett K.E., Little J.P., Sheekey M., Veerasekaran P. (1998). The mode of action of isoxaflutole I. Physiological effects, metabolism, and selectivity. Pesticide Biochemistry and Physiology 62: 113–124

115. Pannacci E., Covarelli G. (2009). Efficacy of mesotrione used at reduced doses for post-emergence weed control in maize (*Zea mays* L.). Crop Protection 28: 57-61

116. Pannacci E., Mathiassen S.K., Kudsk P. (2010). Effect of adjuvants on the rainfastness and preformance of tribenuron-methyl on broad-leaved weeds. Weed Biology and Management 10: 126-131

117. Penner D. (2000). Activator adjuvants. Weed Technology 14: 785-791

118. Perry K., Evans M.R., Jeffery L.S. (1983). Competition between johnsongrass (*Sorghum halepense*) and corn (*Zea mays*). Proceedings of the Southern Weed Science Society 36: 345

119. Pimentel D. (1995). Amounts of pesticides reaching the target pests: environmental impacts and ethics, Journal of Agricultural Environmental Ethics 8:17–29

120. Pline W.A., Wu J., Hatzios K.K. (1999): Absorption, translocation and metabolism of glufosinate in five weed species as influenced by ammonium sulfate and pelargonic acid. Weed Science 47: 636–643

121. Porter R.M., Vaculin P.D., Orr J.E., Immaraju J.A., O'Neal W.B. (2005). Topramezone: a new active for postemergence weed control in corn. North Central Weed Science Society Proceedings 60, abstract 93

122. Pratt D., Kells J.J., Penner D. (2003). Substitutes for ammonium sulfate as additives with glyphosate and glufosinate. Weed Technology 17: 576–581.

123. Pucarić A., Ostojić Z., Čuljat M. (1997). Proizvodnja kukuruza. Biblioteka Poljoprivredni savjetnik, Zagreb

124. Puntener W. (1981). Manual for field trials in crop protection. Agricultural division. Ciba-Geigy

125. R Development Core Team (2011). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL http://www.R-project.org/.

126. Rajcan I., Swanton C.J. (2001). Understanding maize-weed competition: resource competition, light quality and the whole plant. Field Crops Research 71: 139-150

127. Regnier E.E., Salvucci M.E., Stoller E.W. (1988). Photosynthesis and growth responses to irradiance in soybean (*Glycine max*) and 3 broadleaf weeds. Weed Science 36: 487-496

128. Ritz C., Streibig J. C. (2005) Bioassay Analysis using R. Journal of Statistical Software 12: 12-22

129. Santel H.J. (2009). Laudis® OD – a new herbicide for selective post-emergence weed control in corn (Zea mays L.). Bayer CropScience Journal 62: 95-108

130. Satchivi N.M., Wax L.M., Stoller E.W., Briskin D.P. (2000): Absorption and translocation of glyphosate isopropylamine and trimethylsulonium salts in *Abutilon theophrasti* and *Setaria faberi*. Weed Science 48: 675–679

131. Sattin M., Zanin G., Berti A. (1992). Case history for weed competition/population ecology: velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) in corn (*Zea mays*). Weed Technology 6: 213-219

132. Scholes C., Clay S.A., Brix-Davis K. (1995). Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) effect on corn (*Zea mays*) growth and yield in South Dakota. Weed Technology 9: 665-668

133. Schönhammer A., Freitag J., Koch H. (2006). Topramezone – ein neuer Herbizidwirkstoff zur hochselektiven Hirse- und Unkrautbek¨ampfung im Mais. Journal of Plant Diseases and Protection 23: 1023–1031

134. Schröder G., Meinlschmidt E. (2009). Untersuchungen zur Bekämpfung von Beifußblättiger Ambrosie (*Ambrosia artemisiifolia* L.) mit herbiziden Wirkstoffen. Gesunde Pflanzen 61: 135-150

135. Schulz A., Oswald O., Beyer P., Kleinig H. (1993). SC-OO51 a 2-benzoylcyclohexane-1,3-dione bleaching herbicide, is a potent inhibitor of the enzyme p-hydroxyphenylpyruvate dioxygenase. FEBS Lett 318: 162–166

136. Sheibany K., Baghestani Meybodi M.A., Atri A. (2009). Competitive effects of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*) on the growth indices and yield of corn. Weed Biology and Management 9: 152-159

137. Sibuga K.P., Bandeen J.D. (1980). Effects of green foxtail and lambs-quarters interference in field corn. Canadian Journal of Plant Science 60: 1419-1425

138. Siddall T.L., Ouse D.G., Benko Z.L., Garvin G.M., Jackson J.L., McQuiston J.M., Ricks M.J., Thibault T.D., Turner J.A., Vanheertum J.C., Weimer M.R. (2002). Synthesis and herbicidal activity of phenyl-substituted benzoylpyrazoles. Pest Management Science 58: 1175–1186

139. Singh D., Singh M. (2008). Absorption and translocation of glyphosate with conventional and organosilicone adjuvants. Weed Biology and Management 8: 104–111

140. Singh M., Tan S., Sharma S.D. (2002). Adjuvants enhance weed control efficacy of foliar-applied diuron. Weed Technology 16: 74-78

141. Soltani N., Sikkema P.H., Zandstra J., O'Sullivan J., Robinson, D.E. (2007). Response of eight sweet maize (*Zea mays* L.) hybrids to topramezone. HortScience 42: 110-112.

142. Stagnari F., Onofri A., Covarelli G. (2006): Influence of vegetable and mineral oils on the efficacy of some post-emergence herbicides for grass weed control in wheat. Journal of Pesticide Science 31: 339-343

143. Streibig, J. C. (1988). Herbicide bioassay. Weed Research 28: 479–484.

144. Svečnjak Z, Barić K., Mačešić D., Duralija B., Gunjača J. (2009). Integrated weed management for maize crop in Croatia. Bulletin UASVM Agriculture, 66: 505-512

145. Swanton C.J., Weaver S., Cowan P., Van Acker R., Deen W., Shresta A. (1999). Weed thresholds: theory and applicability. Journal of Crop Production 2: 9-29

146. Šarić T. (1978). Atlas korova. Svjetlost, Sarajevo

147. Šćepanović M. (2007). Korovna flora kukuruza. Glasilo biljne zaštite 2007: 352-357

148. Šulek B. (1879). Jugoslavenski imenik bilja. Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb

149. Teasdale J.R. (1995). Influence of narrow row high population corn (*Zea mays*) on weed control and light transmittance. Weed Technology 9: 113-118

150. Tetio-Kagho F., Gardner F.P. (1988). Response of maize plant population density. I. Canopy development, light relationships and vegetative growth. Agronomy Journal 80: 930-935

151. Thelen K.D., Jackson E.P., Penner D. (1995) The basis for the hardwater antagonism of glyphosate activity. Weed Science 42: 541-548

152. Thomas P.E.L., Allison J.C.S. (1975). Competition between maize and *Rottboellia exaltata*. Journal of Agricultural Science 84: 305-312

153. Thompson W.M., Nissen S.J. (2000). Absorption and fate of carfentrazone-ethyl in *Zea mays*, *Glycine max*, and *Abutilon theophrasti*. Weed Science 48: 15-19

154. Tilman D., Cassman K.G., Matson P.A., Naylor R., Polasky S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. Nature 418: 671–677.

155. Tollenaar M., Aguilera A., Nissanka S.P. (1997). Grain yield is reduced more by weed interference in an old than in a new maize hybrid. Agronomy Journal 89: 239-246

156. Tollenaar M., Nissanka S.P., Aguilera A., Weise S.F., Swanton C.J. (1994). Effect of weed interference and soil nitrogen on four maize hybrids. Agronomy Journal 86: 596-601

157. Tonks D.J., Eberlein C.V. (2001). Postemergence weed control with rimsulfuron and various adjuvants in potato (*Solanum tuberosum*). Weed Technology 15: 613-616

158. Vahedi A., Zahra E. (2010). Corn (*Zea mays* L.) yield and dry matter production under different nitrogen rates and redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) density condition. Research on crops 11: 652-658

159. Van Acker R.C., Swanton C.J., Weise S.F. (1993). The critical period of weed control in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). Weed Science 41: 194-200

160. Van Gessel M.J., Schweizer E.E., Garrett K.A:, Westra P. (1995). Influence of weed density and distribution on corn (*Zea mays*) yield. Weed Science 43: 215-218

161. Van Heemst H.D.J. (1985). The influence of weed competition on crop yield. Agricultural Systems 18: 81-93

162. Vernon R., Parker J.M.H. (1983). Maize/weed competition experiments: implications for tropical small-farm weed control research. Journal of Experimental Agriculture 19 341-347

163. Wang C.J., Liu Z.Q. (2007). Foliar uptake of pesticides – Present status and future challenge. Pesticide Biochemistry and Physiology 87:1-8

164. Warwik S.I., Black L.D. (1988). The biology of Canadian weeds. 90. *Abutilon theophrasti.* Canadian Journal of Plant Sciences 68: 1069-1085

165. Weaver S.E., Kropf M.J.R., Groeneveld M.W. (1992). Use of ecophysiological models for crop-weed interference: the critical period of weed interference. Weed Science 40: 302-307

166. Whaley C.M., Armel G.R. Wilson H.P., Hines T.E. (2006) Comparison of Mesotrione Combinations with Standard Weed Control Programs in Corn. Weed Technology 20: 605-611

167. Williams M.M., Pataky J.K. (2010). Factors affecting differential sensitivity of sweet corn to HPPD-inhibiting herbicides. Weed Science 58: 289-294

168. Witschel M. (2009) Design, synthesis and herbicidal activity of new iron chelating motifs for HPPD-inhibitors. Bioorganic&Medicinal Chemistry 17: 4221-4229

169. Xu L., Zhu H., Ozkan H.E., Bagley B. (2010). Adjuvant effects on evaporation time and wetted area of droplets on waxy leaves. Transactions of Asabe 53: 13-20

170. Young B.C., Hart S.E. (1998). Optimizing foliar activity of isoxaflutole on giant foxtail (*Setaria faberi*) with various adjuvants. Weed Science 46: 397-402

171. Young B.G., Knepp A.W., Wax L.M., Hart S.E. (2003). Glyphosate translocation in common lambsquarters (*Chenopodium album*) and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) in response to ammonium sulfate. Weed Science 51: 151-156

172. Young F.L., Wyse D.L., Jones R.J. (1984). Quackgrass (*Agropyron repens*) interference on corn (*Zea mays*). Weed Science 32: 226-234

173. Zanin G., Berti A., Sattin M. (1989). Mais (*Zea mays* L.) *Abutilon theophrasti* Medicus: effetto della durata e del periodo di competizione. Riv. Agron. 2: 185-192.

174. Zanin. G., Sattin M. (1988). Treshold level and seed production of velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medicus) in maize. Weed Research 28: 347-352

175. Zhang J., Hamill A.S. (1996). Responses of *Abutilon theophrasti* to agricultural management systems. Weed Research 36: 471-481

176. Zimdahl R.L. (1999). Fundamentals of Weed Science, str. 272-278. Academic Press, San Diego, USA

177. Zollinger R., Ries J. L. (2006). Comparing mesotrione, tembotrione and topramezone. 2006 North Central Weed Science Proceedings. 61: 114

8. PRILOZI

Tablica 35. *Faktori za modele osjetljivosti vizualnih ocjena na učinak na europski mračnjak†*

	D (± SE)			GR_{50}(± SE)			b (± SE)		
	7 dana	14 dana	21 dan	7 dana	14 dana	21 dan	7 dana	14 dana	21 dan
Bez adjuvanta	50,61 (2,77)	69,91 (2,79)	81,62 (3,10)	15,84 (1,70)	18,98 (1,39)	20,82 (1,47)	-2,4 (0,57)	-3,15 (0,59)	-2,58 (0,35)
COC	51,57 (3,92)	58,33 (2,99)	42,05 (2,39)	11,51 (1,75)	16,63 (1,55)	11,72 (1,36)	-1,92 (0,73)	-2,98 (0,76)	-3,38 (1,00)
COC + UAN	47,50 (1,46)	71,54 (3,28)	79,77 (4,00)	6,29 (5,92)	1,63 (3,09)	4,18 (1,61)	-10,61 (36,46)	-1,26 (1,56)	-1,40 (0,53)
COC + AMS	100,66 (97,53)	75,00 (1,36)	79,33 (1,36)	120,22 (1311,50)	5,00 (3553,00)	3,00 (NA)	-0,18 (0,14)	-27,00 (3759,50)	-27,00 (NA)
MSO	47,21 (2,28)	64,66 (5,75)	62,29 (4,63)	7,74 (0,75)	4,58 (1,72)	10,25 (1,88)	-4,09 (3,11)	-1,03 (0,56)	-1,32 (0,39)
MSO+ UAN	44,64 (2,40)	79,45 (2,27)	89,50 (2,29)	10,40 (1,23)	13,55 (12,30)	12,52 (0,91)	-5,31 (2,45)	-14,32 (66,11)	-7,68 (1,88)
MSO+ AMS	74,48 (34,12)	117,80 (411,90)	91,34 (10,37)	14,06 (84,58)	1,88 (49,34)	2,69 (1,61)	-0,15 (0,10)	-0,22 (1,54)	-0,82 (0,65)
NIS	42,56 (9,23)	64,73 (10,53)	77,04 (3,67)	2,91 (3,79)	11,71 (4,60)	13,98 (1,41)	-0,89 (1,46)	-0,91 (0,39)	-1,87 (0,35)
NIS + UAN	48,33 (1,06)	212,76 (99,24)	192,82 (118,54)	3,42 (NA)	1281,33 (5106,75)	380,89 (2922,44)	-18,89 (NA)	-0,21 (0,05)	-0,16 (0,07)
NIS + AMS	45,34 (1,60)	79,69 (31,01)	189,49 (129,42)	2,25 (1286,50)	0,66 (1,38)	171,09 (907,43)	-13,04 (5514,70)	-0,42 (0,85)	-0,25 (0,12)
UAN	45,10 (3,84)	64,42 (1,62)	85,72 (3,82)	6,75 (1,44)	7,39 (0,77)	9,63 (0,96)	-1,36 (0,74)	-5,14 (4,48)	-1,31 (0,25)
AMS	47,50 (1,11)	79,97 (2,54)	95,74 (1,35)	7,37 (2,16)	5,75 (0,73)	7,80 (0,21)	-12,61 (32,65)	-1,54 (0,44)	-4,06 (0,94)

† Krivulje su prikazane u grafikonima 9-20

Tablica 36. *Faktori za modele osjetljivosti mase svježe mase europskog mračnjaka†*

	C (± SE)	D (± SE)	ED_{50}(± SE)	b (± SE)
Bez adjuvanta	0,86 (0,39)	5,67 (0,50)	15,09 (2,71)	2,78 (1,19)
COC	1,51 (0,31)	5,65 (0,51)	11,26 (1,95)	4,91 (2,47)
COC + UAN	0,75 (0,26)	7,24 (0,51)	5,58 (45,44)	10,44 (216,19)
COC + AMS	0,73 (0,26)	6,56 (0,51)	5,30 (11,78)	0,85 (0,39)
MSO	1,24 (0,35)	7,11 (0,49)	3,43 (3,16)	1,71 (1,69)
MSO + UAN	0,64 (0,29)	7,54 (0,49)	9,10 (1,02)	6,62 (6,52)
MSO + AMS	0,55 (0,76)	7,96 (0,49)	0,04 (0,33)	0,54 (1,03)
NIS	0,80 (0,48)	7,24 (0,50)	5,92 (1,93)	1,71 (1,22)
NIS + UAN	0,64 (0,25)	7,49 (0,50)	7,30 (60,89)	39,98 (2730,8)
NIS + AMS	0,79 (0,25)	6,82 (0,50)	7,68 (10,63)	48,87 (952,56)
UAN	0,71 (0,33)	7,03 (0,54)	5,27 (3,04)	2,93 (3,67)
AMS	0,47 (0,31)	6,71 (0,54)	5,65 (10,42)	4,77 (23,39)

†Krivulje su prikazane u grafikonima 21 – 24.

Tablica 37. *Faktori za modele osjetljivosti mase suhe tvari europskog mračnjaka†*

	C (± SE)	D (± SE)	ED_{50}(± SE)	b (± SE)
Bez adjuvanta	0,13 (0,073)	1,13 (0,1)	14,08 (2,37)	2,92 (1,18)
COC	0,23 (0,061)	1,16 (0,1)	9,77 (1,46)	5,11 (3,31)
COC + UAN	0,16 (0,051)	1,41 (0,1)	6,83 (121,40)	23,13 (2185,3)
COC + AMS	0,15 (0,046)	1,14 (0,1)	4,12 (1,82)	35,90 (NA)
MSO	0,95 (0,069)	1,42 (0,1)	2,92 (5,05)	1,93 (3,20)
MSO + UAN	0,14 (0,050)	1,51 (0,1)	8,46 (3,58)	17,56 (290,17)
MSO + AMS	0,16 (0,045)	1,63 (0,1)	3,75 (1162,7)	17,72 (6768,7)
NIS	0,15 (0,12)	1,34 (0,11)	3,70 (4,98)	1,60 (2,74)
NIS + UAN	0,13 (0,06)	1,56 (0,11)	6,91 (NA)	30,23 (NA)
NIS + AMS	0,15 (0,06)	1,30 (0,11)	7,21 (31,69)	26,95 (877,59)
UAN	0,13 (0,08)	1,28 (0,13)	4,20 (6,94)	2,72 (6,67)
AMS	0,13 (0,06)	1,42 (0,13)	5,63 (24,95)	8,04 (92,98)

† Krivulje su prikazane u grafikonima 25 – 28.

Tablica 38. *Faktori za modele osjetljivosti vizualnih ocjena na učinak na limundžik†*

	D (± SE)			GR_{50}(± SE)			b (± SE)		
	7 dana	14 dana	21 dan	7 dana	14 dana	21 dan	7 dana	14 dana	21 dan
Bez adjuvanta	74,14 (2,73)	79,55 (1,68)	85,85 (1,30)	3,24 (1,58)	4,68 (2,81)	7,32 (8,44)	-1,39 (0,74)	-3,18 (3,42)	-24,80 (238,24)
COC	151,33 (6,67)	113,14 (9,86)	85,66 (3,10)	66,67 (9,45)	3,64 (3,27)	2,25 (10,00)	-0,37 (0,09)	-0,36 (0,16)	-31,47 (10,00)
COC + UAN	77,98 (2,06)	82,66 (2,06)	93,75 (2,31)	4,71 (308,41)	4,82 (334,04)	7,45 (9,48)	-27,78 (3188,30)	-27,87 (3531,00)	-24,65 (308,21)
COC + AMS	89,05 (3,78)	93,58 (4,97)	94,36 (0,83)	0,04 (0,06)	0,16 (0,53)	5,08 (152,08)	-0,44 (0,19)	-0,59 (0,59)	-29,19 (1773,23)
MSO	80,64 (1,79)	84,00 (1,79)	94,70 (1,79)	4,46 (9,99)	2,97 (10,00)	4,00 (9,99)	-28,47 (10,00)	-32,38 (10,00)	-29,55 (10,00)
MSO+ UAN	88,35 (1,75)	94,18 (1,75)	97,10 (1,75)	6,79 (12,17)	7,25 (7,52)	7,21 (10,61)	-12,87 (118,35)	-15,69 (125,44)	-20,91 (227,42)
MSO+ AMS	82,90 (0,79)	87,10 (0,79)	96,25 (0,79)	6,45 (33,02)	6,15 (91,10)	7,27 (10,01)	-17,10 (355,12)	-18,36 (928,17)	-34,48 (576,23)
NIS	84,15 (1,06)	88,75 (1,06)	95,82 (1,06)	7,01 (9,82)	6,88 (13,51)	7,36 (5,67)	-16,05 (138,94)	-17,16 (185,30)	-27,28 (184,91)
NIS + UAN	83,75 (1,53)	90,40 (1,53)	97,07 (1,53)	7,22 (15,82)	7,10 (17,43)	7,09 (19,96)	-16,11 (264,96)	-16,47 (270,22)	-25,23 (469,11)
NIS + AMS	83,32 (1,92)	172,95 (4,76)	96,25 (2,14)	0,09 (10,00)	21,62 (9,56)	6,78 (0,99)	-28,99 (10,00)	-0,08 (0,05)	-17,56 (9,96)
UAN	81,10 (1,07)	88,73 (0,90)	94,18 (0,90)	6,19 (1,14)	7,34 (2,91)	7,03 (4,69)	-4,42 (2,87)	-13,31 (45,02)	-12,74 (53,10)
AMS	79,68 (1,26)	86,66 (1,28)	93,75 (1,41)	4,61 (62,66)	5,15 (105,10)	6,81 (34,77)	-20,78 (415,54)	-20,05 (849,18)	-27,75 (739,15)

† Krivulje su prikazane u grafikonima 29 – 40.

Tablica 39. *Faktori za modele osjetljivosti mase svježe mase limundžika†*

	C (± SE)	D (± SE)	ED_{50}(± SE)	b (± SE)
Bez adjuvanta	2,40 (0,41)	0,45 (0,18)	2,50 (10,00)	-20,00 (10,00)
COC	0,48 (0,18)	2,20 (0,41)	1,00 (10,00)	20,00 (10,00)
COC + UAN	0,29 (0,18)	2,42 (0,41)	1,00 (10,00)	20,00 (10,00)
COC + AMS	0,28 (0,18)	2,42 (0,41)	1,00 (10,00)	20,00 (10,00)
MSO	0,17 (0,18)	2,55 (0,41)	1,00 (10,00)	20,00 (10,00)
MSO + UAN	0,09 (0,18)	2,40 (0,41)	1,00 (10,00)	20,00 (10,00)
MSO + AMS	0,13 (0,18)	2,40 (0,41)	1,00 (10,00)	20,00 (10,00)
NIS	0,18 (0,18)	2,53 (0,41)	1,00 (10,00)	20,00 (10,00)
NIS + UAN	0,19 (0,18)	2,58(0,41)	1,00 (10,00)	9,00 (10,00)
NIS + AMS	0,13 (0,18)	2,61 (0,41)	1,00 (10,00)	9,00 (10,00)
UAN	0,34 (0,18)	2,51 (0,41)	1,00 (10,00)	9,00 (10,00)
AMS	0,29 (0,18)	2,54 (0,41)	1,00 (10,00)	15,00 (10,00)

†Krivulje su prikazane u grafikonima 41 – 44.

Tablica 40. *Faktori za modele osjetljivosti mase suhe tvari limundžika†*

	C (± SE)	D (± SE)	ED_{50}(± SE)	b (± SE)
Bez adjuvanta	0,43 (0,41)	0,07 (0,18)	2,50 (10,00)	-20,00 (10,00)
COC	0,07 (0,18)	0,45 (0,41)	1,00 (10,00)	20,00 (10,00)
COC + UAN	0,07 (0,18)	0,43 (0,41)	1,00 (10,00)	20,00 (10,00)
COC + AMS	0,07 (0,18)	0,44 (0,41)	1,00 (10,00)	20,00 (10,00)
MSO	0,07 (0,18)	0,43 (0,41)	1,00 (10,00)	20,00 (10,00)
MSO + UAN	0,07 (0,18)	0,44 (0,41)	1,00 (10,00)	20,00 (10,00)
MSO + AMS	0,06 (0,18)	0,44 (0,41)	1,00 (10,00)	20,00 (10,00)
NIS	0,08 (0,18)	0,49 (0,41)	1,00 (10,00)	20,00 (10,00)
NIS + UAN	0,12 (0,18)	0,48 (0,41)	1,00 (10,00)	8,99 (10,00)
NIS + AMS	0,05 (0,18)	0,47 (0,41)	1,00 (10,00)	8,98 (10,00)
UAN	0,08 (0,18)	0,41 (0,41)	1,00 (10,00)	9,00 (10,00)
AMS	0,09 (0,18)	0,45 (0,41)	1,00 (10,00)	15,00 (10,00)

† Krivulje su prikazane u grafikonima 45 – 48.

Tablica 41. *Faktori za modele osjetljivosti vizualnih ocjena na učinak na šćir†*

	D (± SE)			GR_{50}(± SE)			b (± SE)		
	7 dana	14 dana	21 dan	7 dana	14 dana	21 dan	7 dana	14 dana	21 dan
Bez adjuvanta	39,55 (7,76)	57,07 (27,33)	41,89 (6,86)	19,05 (8,40)	55,81 (58,75)	21,24 (7,35)	-1,18 (0,55)	-1,05 (0,48)	-1,55 (0,60)
COC	54,62 (1,98)	85,81 (9,12)	117,45 (79,34)	5,35 (2,81)	7,60 (1,86)	0,57 (4,91)	-3,11 (3,81)	-0,80 (0,28)	-0,14 (0,18)
COC + UAN	66,03 (5,12)	80,27 (1,02)	98,66 (28,84)	6,16 (1,00)	3,34 (2,58)	0,58 (0,35)	-0,81 (0,23)	-2,65 (2,24)	-0,31 (0,33)
COC + AMS	128,78 (81,68)	80,53 (2,99)	84,00 (1,32)	1128,40 (4549,60)	1,39 (2,91)	3,00 (19439,00)	-0,27 (0,08)	-1,29 (1,59)	-27,00 (126430,00)
MSO	44,12 (1,58)	82,67 (1,18)	90,83 (1,32)	6,43 (0,99)	5,19 (117,73)	7,32 (6,77)	-2,95 (1,39)	-27,53 (1322,50)	-25,36 (196,10)
MSO+ UAN	49,14 (2,12)	82,92 (1,43)	90,42 (1,43)	4,62 (1,68)	7,65 (5,18)	7,12 (15,56)	-1,81 (0,99)	-18,56 (165,42)	-13,79 (204,02)
MSO+ AMS	40,00 (0,18)	74,17 (0,21)	89,67 (0,18)	3,46 (9,84)	7,02 (0,64)	3,00 (10,00)	-11,58 (9,99)	-17,41 (9,74)	-37,00 (10,00)
NIS	42,41 (3,29)	83,51 (4,03)	91,45 (3,24)	2,73 (6,35)	10,81 (1,24)	2,97 (2,10)	-1,67 (3,57)	-1,55 (0,32)	-1,58 (1,09)
NIS + UAN	46,46 (4,60)	75,00 (1,90)	89,17 (1,90)	2,70 (2,90)	7,08 (46,66)	7,44 (7,67)	-1,05 (1,03)	-17,21 (740,34)	-25,59 (254,24)
NIS + AMS	45,68 (0,34)	81,67 (0,18)	90,83 (0,21)	2,72 (0,68)	2,58 (10,00)	7,10 (0,36)	-1,75 (0,40)	-33,55 (10,00)	-31,30 (9,97)
UAN	36,67 (2,04)	85,42 (2,04)	87,08 (2,04)	7,28 (28,72)	7,43 (10,02)	7,01 (24,18)	-18,49 (585,62)	-25,58 (328,06)	-19,01 (402,44)
AMS	43,92 (1,29)	79,66 (0,18)	90,01 (0,18)	0,41 (0,22)	4,81 (9,20)	3,00 (10,00)	-0,56 (0,15)	-27,51 (9,99)	-37,00 (10,00)

† Krivulje su prikazane u grafikonima 49 – 60.

Tablica 42. *Faktori za modele osjetljivosti mase svježe mase šćira†*

	C (± SE)	D (± SE)	ED_{50}(± SE)	b (± SE)
Bez adjuvanta	0,0004 (0,68)	4,67 (0,36)	59,65 (9,91)	1,14 (0,32)
COC	0,54 (1,00)	7,56 (0,41)	0,084 (0,032)	0,36 (0,31)
COC + UAN	0,76 (0,18)	6,29 (0,41)	1,00 (10,00)	25,00 (10,00)
COC + AMS	0,64 (0,18)	3,36 (0,41)	4,84 (9,97)	25,39 (10,00)
MSO	0,90 (0,22)	4,29 (0,50)	2,02 (17453,00)	15,70 (90914,00)
MSO + UAN	0,46 (0,25)	3,66 (0,50)	7,20 (9,57)	9,47 (92,14)
MSO + AMS	0,43 (0,33)	3,93 (0,50)	1,24 (16,65)	1,73 (12,44)
NIS	0,468 (0,27)	2,64 (0,46)	7,61 (2,28)	3,68 (5,81)
NIS + UAN	0,71 (0,21)	3,84 (0,46)	3,02 (NA)	14,90 (NA)
NIS + AMS	0,34 (0,21)	4,82 (0,46)	2,97 (1468,60)	15,17 (7099,60)
UAN	-0,036 (1,51)	3,67 (0,57)	3,76 (5,09)	0,78 (1,63)
AMS	0,30 (0,25)	3,28 (0,57)	1,6 (68,0)	15,0 (NA)

† Krivulje su prikazane u grafikonima 61 – 64.

Tablica 43. Faktori za modele osjetljivosti mase suhe tvari šćira†

	C (± SE)	D (± SE)	ED_{50}(± SE)	b (± SE)
Bez adjuvanta	-0,023 (0,52)	0,73 (0,079)	55,40 (77,75)	1,16 (0,78)
COC	0,16 (0,055)	0,83 (0,087)	2,31 (15,63)	2,15 (11,45)
COC + UAN	0,13 (0,045)	0,56 (0,087)	4,46 (63,04)	4,88 (111,25)
COC + AMS	0,12 (0,039)	0,49 (0,087)	24,70 (4324,10)	14,02 (1969,00)
MSO	0,17 (0,18)	0,77 (0,41)	0,78 (10,00)	19,17 (10,00)
MSO + UAN	0,61 (0,41)	0,10 (0,20)	7,44 (2,98)	-17,91 (10,00)
MSO + AMS	0,13 (0,18)	0,61 (0,41)	2,83 (10,00)	11,62 (10,00)
NIS	0,11 (0,038)	0,35 (0,081)	7,69 (NA)	6,85 (NA)
NIS + UAN	0,13 (0,036)	0,58 (0,081)	1,48 (10418,00)	16,67 (NA)
NIS + AMS	0,096 (0,036)	0,80 (0,081)	1,58 (63668,00)	16,37 (NA)
UAN	0,04 (0,18)	0,62 (0,11)	1,64 (8,29)	0,89 (3,19)
AMS	0,50 (0,11)	0,10 (0,05)	0,87 (NA)	-5,49 (NA)

† Krivulje su prikazane u grafikonima 65 – 68.

ŽIVOTOPIS

Matija Goršić rođen je 19. listopada 1980. godine u Karlovcu. Osnovnu školu i prirodoslovno-matematičku gimnaziju završava u Karlovcu. Na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu na smjeru Zaštita bilja diplomirao je 2005. godine. Poslijediplomski doktorski studij Poljoprivredne znanosti na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu upisuje 2007. godine. Od 2006. godine zaposlen je u Zavodu za herbologiju Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu u svojstvu znanstvenog novaka – asistenta. Sudjeluje u nastavi preddiplomskih studija Zaštita bilja i Biljne znanosti kao suradnik na modulima „Načela fitomedicine“, „Herbicidi“ i „Zaštita ratarskih kultura od štetočinja“ te diplomskih studija Fitomedicina i Agroekologija na modulima „Specijalna herbologija“ i „Agronomski aspekti genetički preinačenih organizama tolerantnih na štetočinje“. Bio je suradnik na dva znanstvena projekta Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa („Mogućnosti primjene smanjenih količina herbicida“ i „Ekološki prihvatljiva zaštita od korova u sustavu integrirane biljne proizvodnje“), dva VIP projekta („Suzbijanje korova u luku u odnosu na način i cilj uzgoja“ i „Suzbijanje korova u povrću (luk, rajčica, špinat) direktnom sjetvom sjemena“) i projektu Ministarstva poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvoja („Pelinolisni limundžik *Ambrosia artemisiifolia* L., raširenost, biologija, ekologija, štetnost i mjere suzbijanja“). Specijalizirao je linearnu i nelinearnu regresiju u primjeni herbicida u organizaciji Europskog društva za proučavanje korova (EWRS). Surađuje u provođenju poljskih pokusa za proizvođače pripravaka za zaštitu bilja. Autor je ili koautor 16 znanstvenih radova. Voditelj je četiri završna i dva diplomska rada. Aktivno je sudjelovao na deset međunarodnih znanstvenih skupova i sedam stručnih skupova iz područja zaštite bilja. Član je Hrvatskog društva biljne zaštite i Europskog društva za proučavanje korova (EWRS).