

**Maja ŠČEPANOVIĆ**

Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zavod za herbologiju  
mscepanovic@agr.hr

## **ANTAGONISTIČKI UČINAK ISTODOBNE PRIMJENE AGROKEMIKALIJA: FITOTOKSIČNOST I SMANJENA UČINKOVITOST HERBICIDA**

### **SAŽETAK**

U zaštiti poljoprivrednih usjeva od korova vrlo je česta praksa istodobna primjena više djelatnih tvari herbicida (tank-miks primjena) kao i istodobna primjena herbicidnih sredstava s ostalim sredstvima za zaštitu bilja, ali i drugim agrokemikalijama (folijarna gnojiva i regulatori rasta). Iako je takva primjena racionalna i ekonomski prihvatljiva za poljoprivredne proizvođače, može rezultirati neželjenim učincima na korov, ali i na usjev. Kod primjene herbicidnih sredstava često dolazi do antagonizma koji rezultira smanjenim učinkom herbicidnih sredstva na određenu korovnu vrstu ili čak pojavom fitotoksičnosti na usjevu. Antagonistička interakcija među herbicidnim sredstvima rezultat je biokemijskog, konkurentskog fiziološkog ili kemijskog antagonizma, a može značajno varirati ovisno o biotičkim i abiotičkim čimbenicima, poput razvojnog stadija korova, količini herbicida, fizikalno-kemijskim svojstvima herbicida i pedo-klimatskim uvjetima. Herbicidnim sredstvom na osnovi jedne aktivne tvari gotovo je nemoguće suzbiti korovnu floru u određenom usjevu/nasadu. Osim toga, značajan broj herbicida povučen je s tržišta EU-a, stoga su poljoprivredni proizvođači često primorani primjenjivati herbicide različitih agrokemijskih kompanija gdje često nisu dostupni podaci o mogućnosti miješanja. U zaštiti poljoprivrednih usjeva itekako bi značajno bilo moći predvidjeti neželjene antagonističke interakcije među herbicidnim sredstavima. U slučaju poznatog antagonizma između dvaju herbicidnih sredstava ili više njih moguće je: povećati količinu onog herbicida koji je antagoniziran ako se to opisom na etiketi dopušta, aplicirati s uređajem za primjenu pesticida koji zasebno ispušta herbicide (ne dolazi do miješanja herbicida) te provjeriti *tank-mix* kombinacije na manjoj površini prije primjene na cijelom usjevu.

**Ključne riječi:** antagonizam, korovi, *tank-mix* ili kombinirana primjena, rezistentnost, sinergizam

### **ISTODOBNA PRIMJENA AGROKEMIKALIJA – PREDNOSTI I NEDOSTATCI**

Pod istodobnom primjenom agrokemikalija podrazumijeva se primjena dviju ili više agrokemikalija u isto vrijeme u spremniku uređaja za primjenu pesticida, a poznata je i pod nazivom *tank-mix* primjena. Najčešće se miješaju herbicidna

.....

sredstva, zatim herbicidna sredstva s drugim sredstvima za zaštitu bilja, ali i sredstava za zaštitu bilja s drugim agrokemikalijama poput folijarnih gnojiva, regulatora rasta, biostimulatora i sl. Brojni su razlozi kombinirane primjene agrokemikalija u zaštiti poljoprivrednih usjeva. Prije svega, smanjuje se brojnost ulazaka strojeva u usjev pa se posljedično manje zbija tlo, kao što je i potrošnja vode i goriva manja. Jednako su važni toksikološki razlozi, odnosno manja izloženost radnika pesticidima.

Pri primjeni herbicidnih sredstava vrlo je česta praksa istodobno primijeniti dvije ili više djelatnih tvari. Naime, u usjevu se gotovo nikad ne pojavljuje samo jedna korovna vrsta, već miješana populacija korova. Pojedinačni herbicidi vrlo rijetko svojim spektrom mogu pokriti svu prisutnu korovnu floru u određenom usjevu. Iako postoje već formulirani kombinirani herbicidni pripravci od više djelatnih tvari, ipak poljoprivredni proizvođači češće kupuju odvojeno herbicidna sredstva i miješaju ih u spremniku prskalice. Pritom miješaju herbicidna sredstva istog, ali i različitih proizvođača i različitih formulacija. Osim proširenja spektra djelovanja, kombiniranje herbicida zapravo je i antirezistentna strategija jer uključuje primjenu herbicida različitih mehanizama djelovanja.

Herbicidi se u praksi često primjenjuju zajedno s ostalim sredstvima za zaštitu bilja zbog istodobne zaštite usjeva od bolesti, štetnika i korova. Takva primjena agrokemikalija praktična je za primjenitelje jer jednim prohodom stroja za primjenu pesticida obave zaštitu usjeva. Međutim, takva je primjena značajno zahtjevnija i potencijalno može uzrokovati probleme u poljoprivrednoj proizvodnji.

Potencijalni problem kod istodobne primjene različitih sredstava za zaštitu bilja je otežano određivanje optimalnog roka primjene jer je aplikacija usmjerena na više različitih štetnih organizama, često različitih biološko-ekoloških zahtjeva. Optimalan rok primjene herbicidnih sredstava ključan je za postizanje optimalne učinkovitosti folijarnih herbicida, pa ako se prag odluke suzbijanja uzročnika biljnih bolesti/štetnika ne podudara s optimalnim razvojnim stadijima korova, učinak herbicida bit će smanjen. To se često događa u usjevima strnih žitarica u kojima poljoprivredni proizvođači proljetnu zaštitu usjeva obavljaju primjenjujući zajedno herbicidna i fungicidna sredstva te folijarna gnojiva. Jedan od takvih primjera je i izostanak učinka herbicida pinoksadena na korovnu vrstu poljski repak (*Alopecurus myosuroides* Huds.) koju su zamijetili proizvođači strnih žitarica s uzgojnog područja oko Slavenskog Broda. Prilagođavanje primjene herbicida simptomima uzročnika biljnih bolesti rezultiralo je izostankom učinka pinoksadena na poljski repak koji je u vrijeme primjene fungicida bio u fazi klasanja (Šćepanović i sur., 2020.). S obzirom na to da je potpuno izostao herbicidni učinak, a u Europi (Njemačka, Italija, Poljska, Španjolska, Velika Britanija) već je utvrđena rezistentnost te korovne vrste na pinoksadenu (Heap, 2024.), poljoprivredni proizvođači posumnjali su na pojavu

rezistentnih populacija poljskog repka. Međutim, provedenim istraživanjem osjetljivosti poljskog repka na pinoksaden utvrđeno je da su populacije poljskog repka s navedenog područja i dalje osjetljive na herbicid pinoksaden. Dodatno je utvrđeno da se primjenom polovične količine pinoksadena (20 g d.t./ha) na mišji repak u stadiju 2 – 4 razvijena lista (BBCH 12-14) ostvaruje odličan učinak. Za razliku od toga, kod primjene sredstva na osnovi pinoksadena u preporučenoj dozi (40 g d.t./ha) na jedinke poljskog repka u stadiju početka vlatanja (BBCH 31) herbicidni je učinak potpuno izostao (Pintar i sur., 2021.). Taj primjer ukazuje na važnost odvojene primjene sredstava za zaštitu bilja kada se ne poklapaju optimalni rokovi za suzbijanje ciljanih štetnih organizama.

Do smanjenja herbicidnog učinka ili pojave fitotoksičnosti na tretiranu usjevu najčešće dolazi zbog primjene agrokemikalija čiji spojevi nisu kompatibilni u *tank-mix* primjeni. Naime, kod *tank-mix* primjene moguća je pojava triju interakcija između više različitih spojeva: aditivna, sinergistička i antagonistička. Kod aditivne interakcije učinkovitost mješavine slična je učinkovitosti svakog proizvoda pojedinačno. Sinergistička interakcija nastaje kada mješavina daje jači učinak od primjene svakog spoja pojedinačno, a antagonistička interakcija nastaje kad je učinak mješavine slabiji od učinka svakoga spoja pojedinačno. Može se i izračunati očekivani učinak mješavine dviju ili više kemikalija:  $E = (X + Y) - (XY)/100$ , gdje je X učinkovitosti spoja (agrokemikalije) A, Y učinkovitosti spoja (agrokemikalije) B, a E očekivani učinak (Colby, 1967.).

Najpoželjnija je **sinergistička interakcija, tj. sinergizam** („1 + 1 = 3“). Sinergizam može nastati kad jedna agrokemikalija pojača učinak druge agrokemikalije, tj. kad prva i druga agrokemikalija djeluju na isti fiziološki proces, ali s drugim mehanizmom djelovanja, ili kad obje agrokemikalije djeluju na isti biokemijski put, ali inhibiraju druga mjesta djelovanja. Riječ sinergizam potječe od grčke riječi *synergos*, što znači „djeluju zajedno“ (Barbieri i sur., 2022.) U poljoprivrednoj proizvodnji idealno bi bilo odabrati kombinaciju herbicida koja ima sinergistički učinak na korove i istodobno antagonistički učinak prema usjevu. U literaturi postoje primjeri sinergizma kod primjene herbicida, a najčešće je sinergizam utvrđen kombiniranjem herbicida iz iste kemijske skupine (Zhang i sur., 1995.). Primjerice, utvrđeno je da kombinacija herbicida nikosulfurona i rimsufurona značajno poboljšava učinak na korovnu vrstu *Datura stramonium*, a kombinacija herbicida mezotriona i metribuzina na korovne vrste *Abutilon theophrasti* i *Xanthium strumarium* u odnosu na samostalnu primjenu tih herbicida (Mekki i Leroux, 1994.). Poznavanje sinergističkih učinaka kod pojedinih kombinacija herbicida omogućilo bi smanjenje količine jednog ili čak oba ili više herbicida koji se primjenjuju istodobno. Međutim, različiti biotički i abiotički čimbenici utječu na rezultat interakcije (sinergizam), poput brzine prodiranja sredstva, premještanja sredstva, biotransformacije te natjecanja za zajedničke receptore. Čak i za

određenu kombinaciju herbicida, herbicidi mogu, ali i ne moraju djelovati sinergistički, ovisno o genotipovima biljaka, a i primijenjenoj količini, dozi. To pokazuje da je u poljskim uvjetima teško predvidjeti sinergistički učinak herbicida u *tank-mix* primjeni

Nažalost, **antagonizam** je značajno češća pojava u odnosu na sinergizam, a rezultira smanjenim herbicidnim učinkom na određenu korovnu vrstu ili čak pojavom fitotoksičnosti na usjevu. Utvrđeno je da čak 67 % *tank-mix* primjena ima određeni antagonistički učinak (Zhang i sur., 1995.).

Antagonistička interakcija među herbicidima može biti rezultat: **biokemijskog antagonizma** gdje jedan herbicid onemogućuje dolazak drugom herbicidu do mjesta djelovanja ili djeluje tako da smanji količinu drugog spoja; **konkurentskog antagonizma** kada se herbicid veže na aktivno mjesto i sprječava vezanje drugog herbicida; **fiziološkog antagonizma** gdje dva herbicida djeluju suprotno na biološki učinak te **kemijskog antagonizma** kada dva herbicida međusobno reagiraju na razini kemijskih svojstava (Green, 1989.).

Jedan je od primjera biokemijskog antagonizma smanjen učinak *tank-mix* primjene glifosata i dikambe na korovnu vrstu *Kochia scoparia* (Ou i sur., 2018.). Oba se herbicida translociraju floemom kroz biljku te je utvrđeno da dikamba može oslabjeti floemsko tkivo. Slično dikambi, i glifosat se kroz biljku kreće floemom. Ako floemsko tkivo nije funkcionalno, tada dikamba/glifosat ne dođu do mjesta djelovanja tj. „ostaju u stanju mirovanja“, što rezultira smanjenim učinkom.

Način usvajanja herbicida također može utjecati na pojavu antagonizma. Bilo da se herbicidi usvajaju pasivno ili aktivno, korijenjem ili listovima, vjerojatnije je da će se pojaviti antagonističke reakcije kada herbicidi u interakciji ulaze u ciljanu biljku putem istog organa i ako jedan herbicid smanjuje usvajanje drugoga.

Pojava antagonizma između herbicida ovisi i o samoj korovnoj vrsti koja se suzbija. Tako je kod višegodišnjih korovnih vrsta uočena manja učestalost antagonističkih i veća učestalost sinergističkih interakcija u odnosu na jednogodišnje korove. Također je utvrđeno da je kod jednosupnica (trava) značajno veća vjerojatnost antagonizma u odnosu na sinergizam, što je povezano s različitim biološkim karakteristikama jednosupnica u odnosu na dvosupnice (Zhang i sur., 1995.). U poljoprivrednoj praksi dobro je poznata nemogućnost istodobne primjene herbicida iz kemijskih skupina cikloheksadinona i ariloksifenoksipropionata (graminici) s kontaktnim herbicidima za širokolisne korove. Tada je učinak graminicida antagoniziran, što rezultira slabijim učinkom na korovne trave. Utvrđen je i antagonizam kod istodobne primjene dikambe i kletodima (cikloheksadinoni). Zollinger (2020.) navodi da odvojena primjena kletodima (24 h prije dikambe) nije djelovala antagonistički za razliku od *tank-mix* primjene ta dva herbicida prilikom čega je

utvrđen slabiji učinak na korovnu travu *Digitaria ciliaris*. Kod odvojene primjene kletodima utvrđen je učinak od 95 % na tu vrstu, a manji od 50 % bio je kada je kletodim primijenjen u tank-mixu s herbicidima acifluorfen, bentazon ili 2,4 D (Grichar i sur., 2002.). Također je tank-mix primjena setoksidima (cikloheksadinona) s bentazonom uzrokovala slabiji učinak na korovne trave, a to je bilo spriječeno u odvojenoj primjeni ova dva herbicida i kada se povećala doza setoksidima. Tako je utvrđeno da istodobna primjena bentazona i setoksidima smanjuje usvajanje 14C primijenjenog setoksidima za 50 % (Rhodes i Coble, 1984.).

Antagonizam također može biti uzrokovan reduciranim ili i ubrzanim metabolizmom, utjecajem na fotosintezu ali i zbog nekompatibilnih fizikalno-kemijskih svojstava herbicida u *tank-mix* primjeni. Tako se smanjeni učinak setoksidima u kombinaciji s bentazonom na korovnu vrstu *Agropyron repens* povezuje s ionima  $NA^+$  iz formulacije bentazona (natrijeva sol) koji se izmjenjuju s hidroksilnom skupinom setoksidima i formiraju natrijevu sol setoksidima. Natrijeva sol setoksidima polarnija je od setoksidima, stoga je korovna biljka smanjeno usvaja (Wanamarta i sur., 1989).

Nekompatibilnost fizikalno-kemijskih svojstava među djelatnim tvarima herbicida u *tank-mix* primjeni mogu uzrokovati promjene u svojstvima škropiva umanjujući učinkovitost prema korovima (Petter i sur., 2012.). Te promjene najčešće uključuju flokulaciju, odvajanje faza, sedimentaciju, stvaranje grudica i/ili prekomjerno pjenjenje (Costa i sur., 2020.). Stoga utječu i na otežanu primjenu zbog potencijalnih začepljenja mlaznica, mrežica i/ili filtra, a to u konačnici dovodi do kvarenja i neispravnosti stroja za primjenu pesticida. Fizikalno-kemijska nekompatibilnost može također rezultirati promjenom u pH vrijednosti škropiva, što utječe na razgradnju, disocijaciju, apsorpciju i translokaciju herbicida u biljci. Tako je utvrđeno da kombinacija glifosata i dikambe rezultira većim isparavanjem dikambe jer glifosat sadrži disocirajuće vodike koji ulaze u interakciju s komponentama u škropivu i uzrokuju zakiseljavanje medija zbog oslobađanja protona, a dikamba jače isparava pri  $Ph < 5,0$  (Mueller i Steckel, 2019.).

## MOGUĆNOSTI SPRJEČAVANJA ANTAGONIZMA HERBICIDA

Neovisno o kojoj se vrsti antagonizma radi, u zaštiti poljoprivrednih kultura bilo bi poželjno predvidjeti neželjene antagonističke interakcije herbicida kao pomoć u suzbijanju korova. Međutim, to nije jednostavno jer antagonizam značajno varira u ovisnosti o brojnim biotičkim i abiotičkim čimbenicima, poput razvojnih stadija korova, količinama herbicida, fizikalno-kemijskim svojstvima herbicida, ali i pedo-klimatskim uvjetima. Primjerice, tank-mix primjena herbicida bentazona i acifluorfena u uvjetima staklenika rezultirala je antagonizmom, a ista kombinacija herbicida u poljskim uvjetima sinergizmom na korovnu vrstu *Amaranthus retroflexus* (Sorensen i sur., 1987).

Zbog toga se nameće pitanje je li moguće izbjeći antagonizam i koje opcije preostaju poljoprivrednim proizvođačima s obzirom na to da je gotovo nemoguće suzbiti korovnu floru u određenoj poljoprivrednoj kulturi jednom djelatnom tvari. Dodatno, sukladno EU legislativi i europskim strategijama za održivu poljoprivredu, značajan broj djelatnih tvari povučen je s Popisa odobrenih djelatnih tvari, pa tako i herbicida. Stoga su poljoprivredni proizvođači često primorani primjenjivati herbicide različitih agrokemijskih kompanija i različitih formulacija. Takva je primjena ipak rizičnija u odnosu na miješanje herbicidnih pripravaka istih proizvođača. Sukladno etiketi SZB-a, preporuku o miješanju sredstava za zaštitu bilja daje vlasnik rješenja za pojedino sredstvo, tj. proizvođač, pa bi se trebali izbjeći negativni učinci kod primjene u *tank-mix* kombinaciji.

Kod poznatog antagonizma između dva ili više herbicida u *tank-mix* primjeni moguće je povećati dozaciju onoga herbicida koji je antagoniziran. Važno je istaknuti da količina ni u kojem slučaju ne smije biti veća od najveće dopuštene doze navedene na etiketi sredstva za zaštitu bilja. Općenito, kontaktni herbicidi za širokolisne korove antagoniziraju djelovanje herbicida za trave (graminicidi), pa je jedno od rješenja povećati dozu graminicida prilikom miješanja u spremniku prskalice. Tako je primjer antagonizma između bentazona i kizalofa na vrstu *Echinochloa crus-galli* prevladan kada se doza kizalofopa udvostručila (Green, 1989.). Takva mogućnost danas je otežana i nije u skladu s Europskim zelenim planom. Druga je mogućnost odvojena primjena herbicida, bilo da se radi o zasebnoj aplikaciji herbicida ili zasebnu ispuštanju herbicida na prskalici gdje ne dolazi do njihova miješanja.

Iako je odvojena primjena herbicida „manje komotna“ za poljoprivredne proizvođače, rješenje je kod onih herbicida koji su u antagonističkoj interakciji. Pri tome je važan vremenski odmak između primjena. Primjerice, antagonizam između kizalofa i klorimurona na korovnu vrstu *Setaria faberi* nije prevladan kad su ti herbicidi primijenjeni u razmaku od dva sata, ali je antagonizam izostao kada su primijenjeni u razmaku od 24 sata (Green, 1989.).

Kako bi se provjerio umanjen antagonistički učinak herbicida, u istraživanju Merritt i sur. (2020.) postavljene su na modificiranom traktoru (John Deere 5400) istraživačke prskalice s dvije grane i testirana je mogućnost istodobne primjene herbicida, ali bez njihova miješanja u škropivu (*tank-mix*) jer su se herbicidi primjenjivali zasebno kroz dvije mlaznice. Ta aplikacija uspoređena je s klasičnom *tank-mix* primjenom, ali i s primjenom herbicida pojedinačno. Rezultati istraživanja ukazuju da je izbjegnuta antagonizam kod istodobne primjene herbicida (odvojene mlaznice), odnosno kada nije došlo do miješanja herbicida u spremniku. Kod takve je aplikacije učinak kombinacije herbicida setoksidim + bentazon i herbicida kletodim + 2,4 D suzbio vrstu *Lolium multiflorum* jednako kao i samostalna primjena setoksidima i kletodima, dok je kod *tank-mix* primjene učinak na ovu vrstu bio značajno slabiji. Slično je

utvrđeno i kod primjene herbicida glifosat + 2,4 D/dikamba kada također nije utvrđen smanjen učinak na istraživane korovne vrste, a kod *tank-mix* primjene ovih herbicida učinak je bio smanjen. Autori ovog istraživanja zaključuju da takav način primjene (odvojene mlaznice) odgađa interakciju među herbicidima sve dok ne dospiju na list biljke i time ostaje dovoljno vremena da herbicid djeluje na korovnu vrstu, za razliku od *tank-mix* primjene koja ima smanjeno djelovanje.

Smanjen herbicidni učinak na korovne vrste koji nastaje zbog antagonizma nije jedini problem u poljoprivrednoj praksi kod istodobne primjene herbicida. Antagonističke interakcije između agrokemikalija mogu rezultirati i pojavom fitotoksičnosti na usjevu. To se češće pojavljuje kada se herbicidi primjenjuju istodobno s drugim agrokemikalijama, primjerice fungicidima, folijarnim gnojivima i regulatorima rasta (slika 1).



**Slika 1.** *Tank-mix* primjena tri djelatne tvari herbicida, fungicid, regulator rasta i folijarno gnojivo (snimila: M. Šćepanović, 2019.)

**Figure 1.** *Tank-mix* application of three herbicide active ingredients, a fungicide, a growth regulator, and a foliar fertilizer (photo: M. Šćepanović, 2019)

Sve navedeno ukazuje na to da istodobna primjena agrokemikalija, iako organizacijski i tehnički vrlo prihvatljiva za poljoprivredne proizvođače, nosi značajan rizik u zaštiti poljoprivrednih kultura. Poljoprivrednim se proizvođačima preporučuje provjera *tank-mix* kombinacije na manjoj površini prije primjene na cijeli usjev. Osim opisanih problema, izostanak učinka antagoniziranih herbicida na korove rizičan je i zbog razvoja rezistentnih populacija korova.

## ZAKLJUČAK

Kod *tank-mix* primjene najčešća je interakcija među dodanim spojevima (agrokemikalijama) antagonizam. Osim smanjena učinka na korove, fitotoksičnosti na usjev te operativnih problema kod prskanja, antagonizam je nepoželjan i zbog mogućeg razvoja rezistentnih jedinki korova na one herbicide koji su antagonizirani. Osnovni razlog antagonizma između herbicida jest nekompatibilnost među fizikalno-kemijskim svojstvima spojeva u *tank-mix*-u, ali i smanjene translokacije, konkurentskog vezivanja jednog herbicida na aktivno mjesto, suprotnog biološkog učinka dvaju herbicida i sl. Poseban je oprez potreban kod miješanja herbicida s ostalim agrokemikalijama (folijarna gnojiva, regulatori rasta) zbog moguće pojave fitotoksičnosti.

### ANTAGONISTIC EFFECT OF THE SIMULTANEOUS APPLICATION OF AGROCHEMICALS: PHYTOTOXICITY AND REDUCED EFFICACY OF THE HERBICIDE

#### SUMMARY

In protecting agricultural crops from weeds, the practise of applying several herbicide active ingredients at the same time (tank mixing) and applying herbicides simultaneously with other crop protection products and other agrochemicals (foliar fertilisers and growth regulators) is very common. Although such use is rational and economical for agricultural producers, it can have undesirable effects on weeds and crops. The use of herbicides often results in antagonism, which leads to a reduced herbicide efficacy on a particular weed species or even to the occurrence of phytotoxicity in the crop. Antagonistic interactions between herbicides are the result of biochemical, competitive, physiological or chemical antagonism and can vary considerably depending on biotic and abiotic factors such as the developmental stage of the weed, the herbicide dose, the physico-chemical properties of the herbicides and the pedoclimatic conditions. Since it is almost impossible to control the weeds in a given crop with a single active ingredient, and since a considerable number of herbicides have been withdrawn from the EU market, agricultural producers are often forced to use herbicides from different agrochemical companies and thus run a greater risk of potential antagonistic reactions. It would therefore be desirable to predict unwanted antagonistic interactions between herbicides when protecting agricultural crops. In the case of known antagonism between two or more herbicides, it is possible to: increase the dosage of the herbicide that is antagonised, apply with a sprayer that releases the herbicides separately (no mixing of herbicides) and test tank mixtures on a smaller area before applying them to the entire crop.



## LITERATURA

**Barbieri, G.F., Young, B.G., Dayan, F.E., Streibig J.C., Takano, H., Merotto, J. A., Avila, J.A. (2022.)**. Herbicide mixtures: interactions and modeling. *Advances in Weed Science*, 40(1): e020220051.

**Colby, S.R. (1967.)**. Calculating synergistic and antagonistic responses of herbicide combinations. *Weeds*, 15, 20–22.

**Costa, L.L., Santos, T.C.M., Almeida, D.P., Ferreira, M.D.C., Leão-Araujo, E.F., Timossi P.C. (2020.)**. Physical-chemical compatibility of different doses and mixtures of herbicides. *Revista Brasileira De Herbicidas*, 19 (3), 1-8

**Green, J. M. (1989.)**. Herbicide antagonism at the whole plant level. *Weed Technology*, 3, 217-226.

**Grichar, W.J.; Besler, B.A.; Brewer, K.D.; Baughman, T.A. (2002)**. Grass control in peanut (*Arachis hypogaea*) with clethodim and selected broadleaf herbicide combinations. *Peanut Science*, 29, 85–88

**Heap, I. (2024.)**. The International Herbicide-Resistant Weed Database, dostupno na [www.weedscience.org](http://www.weedscience.org) (pristupljeno 30.10.2024)

**Mekki, M., Leroux, G.D. (1994)**. Activity of nicosulfuron, rimsulfuron, and their mixture on field corn (*Zea mays*), soybean (*Glycine max*), and seven weed species. *Weed Technology* 1994;8.

**Merritt, L.H., Ferguson, J.C., Brown-Johnson, A.E., Reynolds, D.B.; Tseng, T.M., Lowe, J.W. (2020.)**. Reduced herbicide antagonism of grass weed control through spray application technique. *Agronomy*, 10, 1131.

**Mueller, T.C., Steckel, L.E. (2019.)**. Spray mixture pH as affected by dicamba, glyphosate, and spray additives. *Weed Technology*, 33(4), 547-54.

**Ou, J., Thompson, C.R., Stahlman, P.W., Bloedow, N., Jugulam, M. (2018.)**. Reduced translocation of glyphosate and dicamba in combination contributes to poor control of *Kochia scoparia*: Evidence of herbicide antagonism, *Scientific Reports*, 8, 5330.

**Petter, F.A., Segate, D., Pacheco, L.P., Almeida, F.A., Alcântara, N.F. (2012.)**. Physical incompatibility of herbicide and insecticide mixtures. *Planta Daninha*, 30(2), 449-57.

**Pintar, A., Svečnjak, Z., Šoštarčić, V., Lakić, J., Barić, K., Brzoja, D., Šćepanović, M. (2021.)**. Growth stage of *Alopecurus myosuroides* Huds. determines the efficacy of pinoxaden. *Plants*, 9 10(4), 732.

**Rhodes, G.N., Coble, H.D. (1984.)**. Influence of application variables on antagonism between sethoxydim and bentazon. *Weed Science*, 32, 436–441.

**Sorensen, V.M., Meggitt, W.F., Penner, D. (1987.)**. The interaction of acifluorfen and bentazon in herbicidal combinations. *Weed Science*, 35(4), 449-56.

**Šćepanović, M., Šoštarčić, V., Pintar, A., Lakić, J., Barić, K. (2020.)**. Pojava rezistentnih populacija korova na herbicide inhibitore acetolaktat-sintaze u Republici Hrvatskoj. *Glasilo biljne zaštite*, 20 (6), 628-640.

**Zhang, J., Hamill, A.S., Weaver SE. (1995.)**. Antagonism and synergism between herbicides: trends from previous studies. *Weed Technology*, 9(1), 86-90.

.....  
**Zollinger, R.K. (2020).** Grass antagonism with dicamba + clethodim. North Dakota State University. dostupno na <https://www.ag.ndsu.edu/cpr/weeds/grass-antagonism-with-dicamba-clethodim-07-06-17> (pristupljeno 30. 10. 2024.)

**Wanamarta, G., Penner, D., Kells, J.J. (1989).** The basis of bentazon antagonism on sethoxydim absorption and activity. *Weed Science*. 37(3),400-404.

**stručni rad**