

Mogućnost primene 24-epibrasinolida za smanjenje fitotoksičnosti kod zajedničke primene tifensulfuron-metila i imazamoksa u soji

Ljiljana Radivojević¹, Jelena Gajić Umiljendić¹, Dragana Marisavljević²,
Danijela Pavlović², Marija Sarić-Krsmanović¹, Ljiljana Šantrić¹

¹Institut za pesticide i zaštitu životne sredine, Banatska 31b, Beograd, Srbija

²Institut za zaštitu bilja i životnu sredinu, Teodora Drajzera 9, Beograd Srbija

e-mail: ljiljana.radivojevic@gmail.com

REZIME

U radu je praćena mogućnost primene 24-epibrasinolida za smanjenje fitotoksičnosti kod zajedničke primene tifensulfuron-metila i imazamoksa u soji. Ispitivanja su izvedena tokom tri vegetacione sezone na gazdinstvu PKB korporacije-Lepušnica u Glogonjskom ritu, na tri komercijalne sorte soje (Valjevka, Galina i Galeb). Za izvođenje oglada korišćeni su preparati tifensulfuron-metila, imazamoksa i 24-epibrasinolida namenjeni za komercijalnu upotrebu. Preparati su primenjeni zajedno u količinama koje se preporučuju za primenu kada je soja bila u fazi 1-3 trolista. Fitotoksičnost primenjenih preparata je ocenjena 14 i 30 dana nakon tretmana, a na kraju vegetacije izmeren je prinos zrna svake sorte. U sve tri godine ispitivanja kombinacija tifensulfuron-metila i imazamoksa u preporučenim količinama primene je bila fitotoksična za soju, a simptomi fitotoksičnosti su se ispoljili kao: hloroza listova, tamno crvena nervatura listova, zaostajanje u porastu mladih listova i pojava zakržljalih biljaka. U istim uslovima, u tretmanima sa 24-epibrasinolidom fitotoksičnost je bila značajno manja. Takođe, tokom sve tri godine ispitivanja, kombinacija tifensulfuron-metil+imazamoks+24-epibrasinolid je dala veći prinos zrna soje u poređenju sa kombinacijom tifensulfuron-metil+imazamoks.

Ključne reči: 24-epibrasinolid, tifensulfuron-metil, imazamoks, soja, fitotoksičnost.

UVOD

Soja je širokoredni usev koji ima laganiji početni porast, zbog čega je u toj fazi razvoja osetljiva na prisustvo korova. Herbicidi su deo široke palete direktnih mera koje su mogu koristiti za suzbijanje korova u soji. Veliki pomak u suzbijanju korova napravljen je u poslednjim dekadama XX veka kada su u primenu uvedeni herbicidi iz grupe sulfonilurea i imidazolinona.

Sulfoniluree i imidazolinoni su herbicidi istog mehanizma delovanja, odnosno to su inhibitori enzima acetolaktat-sintetaze (ALS), koja je ključan enzim u sintezi amino kiselina valina, leucina i izoleucina, što na fiziološkom nivou izaziva inhibiciju deobe ćelija i zaustavlja porast biljaka. Tifensulfuron-metil (sulfoniluree) i imazamoks (imidazolinoni) su herbicidi koji se u praksi često koriste zajedno. Njihova zajednička primena omogućila je da se u jednom proходу prskalice efikasno suzbije veći broj ekonomski štetnih korovskih vrsta. Takođe, biološka otpornost soje na sulfoniluree i imidazolinone je uticala da ovi herbicidi nađu široku primenu u ovom usevu (Ahrens, 1990; Li et al., 1991; Al-Khatib et al., 1994; Nelson et al., 1998; Đorđević i sar., 2015). I pored toga što u početku nije bilo problema sa osteljivošću soje, sve češća zajednička primena, najčešće imazamoksa i tifensulfuron-metila, dovela je do aktuelizacije ovog problema. Prema podacima iz literature, kao i iskustvima naših poljoprivrednih proizvođača, oštećenje i smanjenje prinosa može da bude i do 10-30%, u zavisnosti od godine i uslova spoljašnje sredine (Ahrens, 1990; Nelson et al., 1998; Oerke, 2006; Marisavljević i sar., 2006; Hrustić i sar., 2008; Đorđević i sar., 2015; Lazić i sar., 2016).

Simptomi fitotoksičnosti tifensulfuron-metila i imazamoksa na soji su tipični za sve ALS-inhibitore i manifestuju se kao: hloroza, pojava purpurne do tamno crvene nervature koja je najizraženija na naličju listova, zaostajanje u porastu mladih listova i pojava zakržljalih biljaka. Kod izraženije fitotoksičnosti može doći i do nekroze najmlađih listova.

Brasinosteroidi su steroidni hormoni biljnog porekla koji su otkriveni 70-tih godina prošlog veka, a izolovani su iz slačice *Brassica napus* po kojoj su i dobili ime. Ovi biljni hormoni imaju važnu ulogu procesima rasta i razvića biljaka tj. stimulišu rasteenje stabla, lisnih i cvetnih drški, stimulišu rasteenje polenove cevi, podstiču formiranje ksilema, sintezu etilena, pojačavaju gravitropsku reakciju biljaka, imaju uticaj na sazrevanje plodova, starenje i opadanje listova (Clouse et al., 1996; Li et al., 1996, 1998; Sasse, 2003). Njihova uloga je posebno izražena u uslovima stresa kada stimulišu imuni sitem biljaka (sistem antioksidativnih enzima: katalaze, glutation-reduktaze, glutation-peroksidaze, askorbat-peroksidaze, superoksid-dismutaze i neenzimatskih antioksidanata: askorbinska kiselina, glutation, α -tokoferol, karotenoidi) i aktiviraju kompleks zaštitnih procesa koji pomaže da biljke ojačaju, zatim ubrzaju rast i lakše prebrode stresne uslove (Fariduddin et al., 2014; Tang et al., 2016). Prethodna istraživanja su pokazala da biljke koje su tretirane brasinosteroidima imaju povećanu otpornost na nepovoljne uslove spoljašnje sredine što je otvorilo mogućnost za primenu ovih biljnih hormona u poljoprivredi (Mandava, 1988; Clouse and Sasse, 1998; Yu et al., 2002; Krishna, 2003). Li i sar. (1998) su utvrdili da kod klijanaca kukuruza koji su tretirani brasinosteroidima u uslovima vodnog stresa dolazi do povećanja aktivnosti superoksid-dismutaze, katalaze i askorbat-peroksidaze i sadržaja karotenoida i askorbinske kiseline. Takođe, brasinosteroidi su povećali aktivnost katalaze i askorbat-oksidade u uslovima osmotskog stresa kod tri varijeteta sirka (Vardhini and Rao, 2003), kao i regulaciju sekundarnog metabolizma u paradajzu povećanjem otpornosti na fenantren (Ahammed et al., 2013). U uslovima povećanog saliniteta klijanci pirinča tretirani brasinosteroidima imali su povećanu aktivnost katalaze, superoksid-dismutaze i glutation-reduktaze, kao i blago povećanje askorbat-peroksidaze (Nunez et al., 2003; Özdemir et al., 2004). Kada su u pitanju prouzrokovaci biljnih bolesti, istraživanja su

pokazala da brasinosteroidi povećavaju otpornost ječma i krastavca na gljivične i virusne infekcije (Pshenichnaya et al., 1997; Bobrik et al., 1998 citat po Khripach et al., 2000).

U svetu nauke i prakse do sada je relativno malo rezultata o uticaju brasinosteroida na metabolizam i fitotoksično delovanje pesticida. Poznato je da kada se brasinosteroidi primene sa pesticidima, ispoljavaju tkz. zaštitno-stimulativno delovanje, tj. stimulišu i aktiviraju imuni sistem i zaštitne procese kod biljaka. Mehanizam delovanja brasinosteroida u ovom sličaju je veoma složen i nije do kraja poznat. Pretpostavlja se da brasinosteroidi povećavaju tolerantnost tako što pospešuju aktivnost enzima glutation S-transferaze i tako stimulišu konjugaciju sa glutationom koja vodi stvaranju netoksičnih metabolita koji se najčešće skladište u vakuolama ili apoplastama (Krishna, 2003; Xia et al., 2009; Zhou et al., 2015). Prva istraživanja (Hamada, 1986; Mandava, 1988) su pokazala da brasinosteroidi smanjuju oštećenja pirinča od simazina i butahlora. Takođe, Zhou i sar. (2015) su utvrdili da se kod krastavca, paradajza, pirinča i brokolija koji su tretirani brasinosteroidima ubrzava metabolizam organofosfornih, organohlorinih i karbamatnih pesticida.

Nakon što je i kod nas, prvenstveno, u praksi registrovan problem fitotoksičnosti koji se javlja kod zajedničke primene tifensulfuron-metila i imazamoksa u soji, postavili smo cilj ovog rada, a to je da utvrdimo da li 24-epibrasinolid, kao jedan od biljnih hormona iz grupe brasinosteroida, može da umanja fitotoksičnost ova dva herbicida kada se zajedno primene u soji.

MATERIJAL I METOD

Ispitivanja su izvedena tokom tri vegetacione sezone: 2013., 2014. i 2015. godine na gazdinstvu PKB korporacije - Lepušnica u Glogonjskom ritu. U ogledima su korišćene tri komercijalne sorte soje: Valjevka, Galina i Galeb. Veličina parcele za svaku sortu iznosila je 1 ha, a tokom sve tri godine ispitivanja ogledi su izvođeni na istoj parceli. Svake godine primenjene su kompletne agrotehničke mere koje su obuhvatile: đubrenje pre oranja (NPK 8:15:15 u količini 250 kg ha⁻¹), duboko oranje tokom novembra meseca na dubinu 25-30 cm, primenu startnog đubriva pre predsetvene pripreme u proleće (KAN u količini 250 kg ha⁻¹). Setva soje je urađena hidrauličnom dvanaestorednom sejalicom KUNH – Planter 3R, sa 80 kg semena ha⁻¹, što je obezbedilo gustinu useva od 350 000 biljaka ha⁻¹. U toku vegetacije urađena je jedna međuredna kultivacija.

Za izvođenje ogleda korišćeni su preparati tifensulfuron-metila, imazamoksa i 24-epibrasinolida koji su namenjeni za komercijalnu upotrebu (Tabela 1).

Preparati su primenjeni zajedno, u količinama koje se preporučuju za primenu, pomešani su u rezervoaru traktorske prskalice Jacto-Columbia AT18, koja je opremljena diznama tipa AVI 110-04, kada je soja bila u fazi 1-3 trolista. Utrošak vode je bio 200 l ha⁻¹. Fitotoksičnost primenjenih preparata je ocenjena 14 i 30 dana nakon tretmana (DNT) vizuelno prema skali 0-100% (0%-bez simptoma fitotoksičnosti, 100%-potpuno propadanje biljaka), a na kraju vegetacije izmeren je prinos zrna ispitivanih sorti soje (Tabela 2).

Meteorološki uslovi tokom izvođenja ogleda na području Glogonjskog rita dati su u grafiku 1.

Tabela 1: Pregled preparata koji su korišćeni u ogledima**Table 1.** Herbicides which used in the trials

Aktivna supstanca Active ingredient	Preparat Product	Sadržaj a.s. u preparatu Content of ai in product	Količina primene a.s. ha ⁻¹ Rate of ai application ha ⁻¹	Količina primene preparata ha ⁻¹ Rate of product application ha ⁻¹
Tifensulfuron-metil	Harmony 75-WG	750 g kg ⁻¹	6 g ha ⁻¹	8 g ha ⁻¹
Imazamoks	Pulsar 40	40 g l ⁻¹	40 g ha ⁻¹	1,0 l ha ⁻¹
24-epibrasinolid	Epin Ekstra*	0,025 g l ⁻¹	1,25 µg ha ⁻¹	50 ml ha ⁻¹

Tabela 2. Osnovni podaci o ogledima**Table 2.** Time line and additional information about the trials

Godina ispitivanja Year	2013.	2014.	2015.
Datum setve	29. april	03. maj	20. april
Faza razvoja soje	1-3 trolist	1-3 trolist	1-3 trolist
Primena preparata	20. maj	23. maj	21. maj
Ocene			
I ocena, fitotoksičnost	03. jun	06. jun	04. jun
II ocena, fitotoksičnost	19. jun	22. jun	20. jun
III ocena, prinos	27. septembar	05. oktobar	01. oktobar

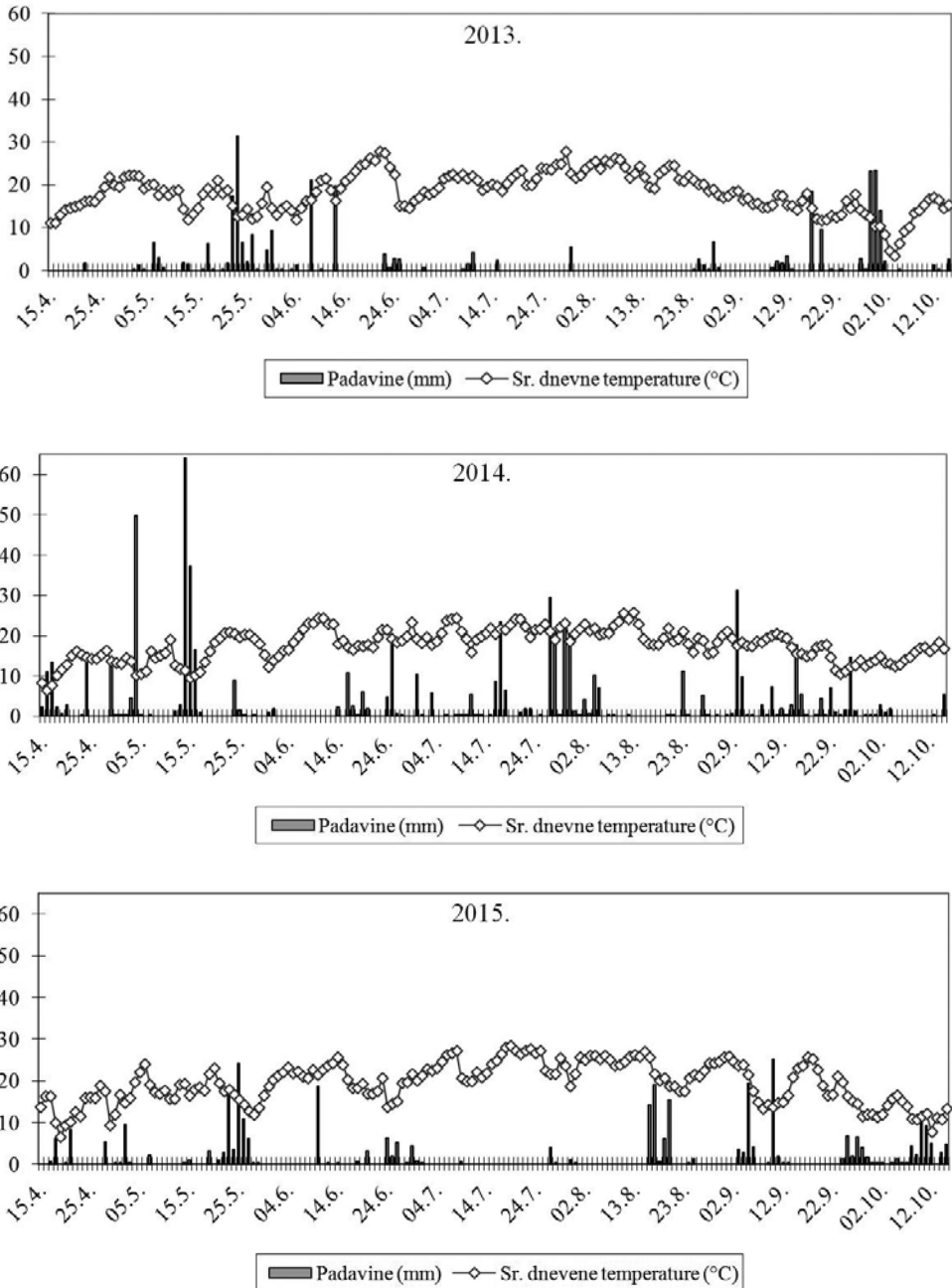
REZULTATI I DISKUSIJA

U trogodišnjim poljskim ogledima (2013-2015. godina), praćena je fitotoksičnost kombinacije herbicida tifensulfuron-metila i imazamoksa u preporučenim količinama primene, kao i mogućnost primene 24-epibrasinolida, kao jednog od biljnih hormona iz grupe brasinosteroida, sa ciljem rešavanja ovog problema. Rezultati ovih istraživanja prikazani su u tabeli 3.

Generalno, u sve tri godine ispitivanja kombinacija tifensulfuron-metila i imazamoksa u preporučenim količinama primene, je bila fitotoksična za soju, a simptomi fitotoksičnosti su se ispoljili kao: hloroza listova, tamno crvena nervatura listova, zaostajanje u porastu mladih listova i pojava zakrčljalih biljaka (Slika 1).

Fitotoksičnost ove kombinacije herbicida je bila najizraženija u 2013. godini, u oceni koja je urađena 14 DNT i kretala se od 40-45%, u zavisnosti od sorte (Tabela 3). U istim uslovima, u tretmanima sa 24-epibrasinolidom fitotoksičnost je bila značajno manja i iznosila je 15-20%. Trideset dana nakon tretiranja u svima varijantama ogleđa fitotoksičnost je bila manja u poređenju sa prvom ocenom, s tim što je u tretmanima sa 24-epibrasinolidom fitotoksičnost, kod sve tri sorte, bila samo 5%. Tokom 2014. i 2015. godine potvrđeni su rezultati koji su dobijeni u prvoj godini ispitivanja. Naime, u svim varijantama ogleđa u kojima je 24-epibrasinolid primenjen sa herbicidima tifensulfuron-metil i imazamoks u preporučenim količinama primene fitotoksičnost je bila manja u poređenju sa kombinacijom tifensulfuron-metil+imazamoks.

Fitotoksičnost tifensulfuron-metila i imazamoksa potvrđena je i u istraživanjima drugih autora (Fraizer et al., 1993; Diehl, 1995; Simpson and Stoller, 1996; Marisavljević i sar., 2006).



Grafik 1. Meteogram srednjih dnevnih temperatura i padavina na lokaliteu PKB Lepušnica, Glogonjski rit

Figure 1. Meteogram of mean daily temperatures and precipitation at the site of PKB Lepušnica, Glogonjski rit

Tabela 3. Uticaj 24-epibrasinolida na smanjenje fitotoksičnosti tifensulfuron-metila (Harmony 75-WG) i imazamoksa (Pulsar 40) u soji

Table 3. The effect of 24-epibrassinolide on the phytotoxicity reduction of tifensulfuron-methyl (Harmony 75-WG) and imazamox (Pulsar 40) in the soybean

Tretman Treatment	Vizuelna oštećenja / Visual assessment						Prinos zrna Grain yield		
	14 DNT			30 DNT			2013	2014	2015
	2013	2014	2015	2013	2014	2015			
	%								
	Sorta Valjevka								
Tifensulfuron-metil + Imazamoks 6 g ha ⁻¹ + 40 g ha ⁻¹	45	30	35	20	10	15	3905	4735	2490
Tifensulfuron-metil + Imazamoks + 24-epibrasinolid 6 g ha ⁻¹ + 40 g ha ⁻¹ + 1,25 µg ha ⁻¹	20	10	15	5	0	5	4825	5210	2960
	Sorta Galina								
Tifensulfuron-metil + Imazamoks 6 g ha ⁻¹ + 40 g ha ⁻¹	40	30	40	15	10	15	3085	3985	1985
Tifensulfuron-metil + Imazamoks + 24-epibrasinolid 6 g ha ⁻¹ + 40 g ha ⁻¹ + 1,25 µg ha ⁻¹	15	10	15	5	5	5	3950	4365	2385
	Sorta Galeb								
Tifensulfuron-metil + Imazamoks 6 g ha ⁻¹ + 40 g ha ⁻¹	40	30	35	15	10	15	3425	4625	2215
Tifensulfuron-metil + Imazamoks + 24-epibrasinolid 6 g ha ⁻¹ + 40 g ha ⁻¹ + 1,25 µg ha ⁻¹	15	10	15	5	0	0	4675	5000	2740



Slika 1. Oštećenja soje kod zajedničke primene kombinacije herbicida Harmony 75-WG (a.s. tifensulfuron-metil) + Pulsar 40 (a.s. imazamoks)

Picture 1. Soybean injure in the common application of the herbicide combination Harmony 75-WG (ai thifensulfuron-methyl) + Pulsar 40 (ai imazamox)

Takođe, potvrđen je i sinergizam između tifensulfuron-metila i imazamoksa, koji se prvenstveno ispoljava kroz povećanu efikasnost. Naime, oba herbicida imaju isti mehanizam delovanja i do povećane efikasnosti dolazi zbog nakupljanja i interakcije aktivnih supstanci na primarnom mestu delovanja ovih herbicida. Dalja detaljnija proučavanja su pokazala da korelacija između inhibicije ALS enzima i oštećenja soje nije linearna, što znači da i manja povećanja inhibicije ALS enzima mogu da dovedu do izraženije fitotoksičnosti na biljkama soje (Sebastian et al., 1989; Shaner et al., 1991; Fraizer et al., 1993; Diehl, 1995; Simpson and Stoller, 1996).

Takođe, tokom sve tri godine ispitivanja, kombinacija tifensulfuron-metil+imazamoks+24-epibrasinolid je dala veći prinos u poređenju sa kombinacijom tifensulfuron-metil+imazamoks. Najveće povećanje prinosa je zabeleženo u 2013. godini i to povećanje u zavisnosti od sorte se kretalo od 865-1253 kg ha⁻¹. Povećanje prinosa u 2014. i 2015. godini je bilo značajno manje i kretalo se od 375-525 kg ha⁻¹ u zavisnosti od sorte. Na osnovu istraživanja drugih autora (Krishna, 2003; Xia et al., 2009; Zhou et al., 2015), možemo da pretpostavimo da u i ovom slučaju 24-epibrasinolid povećao tolerantnost soje prema herbicidima, tako što je pospešio aktivnost enzima glutation S-transferaze i ubrzao konjugaciju sa glutationom koja je vodila stvaranju netoksičnih metabolita, čime je fitotoksično delovanje herbicida smanjeno.

Godine u kojima su rađena ispitivanja su, što se meteoroloških uslova tiče, bile potpuno različite (Grafik 1). Najnepovoljniji uslovi su bili tokom maja 2013. godine, kada je zabeležen značajan suficit padavina 104 l m⁻², što je za 48 l m⁻² više u odnosu na višegodišnji prosek, koji po podacima Republičkog hidrometeorološkog zavoda iznosi 55 l m⁻². Ovako vlažno vreme pratila je i česta pojava grada i olujnog vetra. U uslovima koji su bili dosta nepovoljni za razvoj soje fitotoksičnost primenjenih herbicida je bila veoma izražena. U prvoj polovini maja 2014. godine zabeležene su ekstremno visoke padavine, čak 190 l m⁻², međutim druga polovina meseca je bila daleko povoljnija u pogledu temperature i padavina, tako je usev soje trpeo manju fitotoksičnost od primenjenih herbicida. Maj 2015. godine je po količini padavina bio na nivou višegodišnjeg proseka, ali je pojava grada u ovom mesecu bila dosta česta, tako da je usev u stresnim uslovima ušao u period tretiranja, što je kao posledicu imalo veću fitotoksičnost primenjenih preparata.

Prema rezultatima brojnih istraživanja primena brasinosteroida u poljoprivredi je veoma značajna prvenstveno zbog toga što oni poboljšavaju rast i prinos useva u stresnim uslovima kao što su mraz, grad, hladno i vlažno vreme, poplave, suša, povećan salinitet zemljišta, prisustvo teških metala itd. (Bajguz and Hayat, 2009; Fridman and Savaldi-Goldstein, 2013). Primena brasinosteroida u cilju prevazilaženja fitotoksičnog delovanja herbicida je do sada znatno manje proučavana. U literaturi se može naći tek nekoliko radova koji govore o efektima brasinosteroida na smanjenje fitotoksičnog delovanja parakvata, fluzafop, haloksifop na krastavcu, kao i simazina i butahlora na pirinču (Hamada, 1986; Mandava, 1988; Zhou et al., 2015). Rezultati naših istraživanja su pokazali da 24-epibrasinolid utiče da se usev soje brže oporavi, nastavi sa rastom, poveća biomasu i prinos i u nepovoljnim meteorološkim uslovima koji mogu da nastanu u periodu kada se vrši hemijsko suzbijanje korova herbicidima iz grupe sulfonilurea i imidazolinona.

ZAKLJUČAK

Trogodišnja ispitivanja u polju na tri komercijalne sorte soje su pokazala da je kombinacija herbicida tifensulfuron-metila i imazamoksa u količinama koje se preporučuju za primenu fitotoksična za soju, a simptomi fitotoksičnosti se ispoljavaju na listovima u vidu hloroze, tamno crvene nervature, zaostajanja u porastu mladih listova, kao i pojave zakržljalih biljaka. Fitotoksičnost tifensulfuron-metila i imazamoksa je bila manja u svim varijantama oglada u kojima je ovi herbicidi primenjeni sa 24-epibrasinolidom. Takođe, u tri godine ispitivanja, kombinacija tifensulfuron-metil, imazamoks i 24-epibrasinolid je dala veći prinos u poređenju sa kombinacijom tifensulfuron-metil i imazamoks, s tim što je povećanje prinosa zavisilo od sorte i godine ispitivanja i kretalo se od 375-1253 kg ha⁻¹. Rezultati ovih istraživanja su pokazali da postoji mogućnost primene 24-epibrasinolida, kao hormona iz grupe brasinosteroida, za smanjenje fitotoksičnog delovanja herbicida, ne samo u soji već i drugim usevima, što treba da bude potvrđeno kroz budića istraživanja.

ZAHVALNICA

Ovaj rad rezultat je projekata: TR 31043 – Proučavanje biljnih patogena, artropoda, korova i pesticida u cilju razvoja metoda bioracionalne zaštite bilja i proizvodnje bezbedne hrane i III 46008 – Razvoj integrisanih sistema upravljanja štetnim organizmima sa ciljem prevazilaženja rezistentnosti i unapređenja kvaliteta i bezbednosti hrane. Oba projekta finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

LITERATURA

- Ahammed, G. J., Zhou, Y. H., Xia, X. J., Mao, W. H., Shi, K., Yu, J. Q.:** Brassinosteroid regulates secondary metabolism in tomato towards enhanced tolerance to phenanthrene. *Biologia Plantarum*, 57, 154-158, 2013.
- Ahrens, W. T.:** Enhancement of soybean (*Glycine max*) injury and weed control by thifensulfuron-insecticide mixtures. *Weed Technology*, 4, 524-528, 1990.
- Al-Kathib, K., Gealy, D. R., Boerboom, C. M.:** Effect of thifensulfuron concentration and droplet size on phytotoxicity, absorption, and translocation in pea (*Pisum sativum*). *Weed Science*, 42, 482-486, 1994.
- Bajguz, A., Hayat, S.:** Effects of brassinosteroids on the plant responses to environmental stresses. *Plant Physiology and Biochemistry*, 47, 1-8, 2009.
- Clouse, S. D., Langford, M., McMorris, T. C.:** A brassinosteroid-insensitive mutant in *Arabidopsis thaliana* exhibits multiple defects in growth and development. *Plant Physiology*, 111, 671-678, 1996.
- Clouse, S. D., Sasse, J. M.:** Brassinosteroids: essential regulators of plant growth and development. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 49, 427-451, 1998.
- Diehl, K. E.:** *In vivo* and *in vitro* inhibition of nicosulfuron metabolism by terbufos metabolites in maize. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 51, 137-149, 1995.
- Dorđević, V., Malidža, G., Vidić, M., Milovac, Ž., Šeremešić, S.:** Priručnik za gajenje soje. Novi Sad, Srbija: Danube Soya Regionalni Centar, 2015.
- Fariduddin, Q., Yusuf, M., Ahmad, I., Ahmad, A.:** Brassinosteroids and their role in response of plants to abiotic stresses. *Biologia Plantarum*, 58, 9-17, 2014.

- Frazier, T. L., Nissen, S. J., Mortensen, D. A., Meinke, L. J.:** The influence of terbufos on primisulfuron absorption and fate in corn (*Zea mays*). *Weed Science*, 41, 664-668, 1993.
- Fridman, Y., Savaldi-Goldstein, S.:** Brassionosteroids in growth control: How, when and where. *Plant Science*, 209, 24-31, 2013.
- Hamada, K.:** Brassinolide in crop cultivation. *Plant Growth Regulators in Agriculture*, 34, 188-196, 1986.
- Hrustić, M., Miladinović, J., Đukić, V., Tatić, M., Balešević-Tubić, S.:** Privredni značaj, osobine i tehnologija proizvodnje soje. *Biljni lekar*, XXXVI, 3-4, 171-185, 2008.
- Khripach, V., Zhabinskii, V., de Groot, A.:** Twenty years of brassionosteroids: steroidal plant hormones warrant better crops for the XXI century. *Annals of Botany*, 86, 441-447, 2000.
- Krishna, P.:** Brassionosteroid-mediated stress responses. *Journal of Plant Growth Regulation*, 22, 289-297, 2003.
- Lazić, M., Gagrčin, S., Marisavljević, D.:** Primena biostimulatora Epin ekstra sa herbicidima u tretmanima useva soje. *Zbornik rezimea XV Simpozijuma o zaštiti bilja*, Zlatibor, 52-53, 2016.
- Lee, A., Gatterdam, P. E., Chiu, T. Y., Mallipudi, N. M., Fiala, R. R.:** Plant metabolism. In D.L., Shaner, S.L., O'Conner, (Eds.). *The Imidazolonone Herbicides* (pp. 151-165). Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 1991.
- Li, J., Nagpal, P., Vitart, V., McMorris, T.C., Chory, J.:** A role for brassionosteroids in light-dependent development of *Arabidopsis*. *Science*, 272, 398-401, 1996.
- Li, L., van Staden J., Jäger, A. K.:** Effects of plant growth regulators on the antioxidant system in seedlings of two maize cultivars subjected to water stress. *Plant Growth Regulation*, 25, 81-87, 1998.
- Mandava, N. B.:** Plant growth-promoting brassionosteroids. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 39, 23-52, 1988.
- Marisavljević, D., Pavlović, D., Poštić, D., Konstantinović, B., Meseldžija, M.:** Ispitivanje fitotoksičnog delovanja folijarnih herbicida u usevu soje. *Zbornik rezimea VIII Savetovanja o zaštiti bilja*, Zlatibor, 52-54, 2006.
- Nelson, K. A., Renner, K. A., Penner, D.:** Weed control in soybean (*Glycine max*) with imazamox and imazethapyr. *Weed Science*, 46, 587-594, 1998.
- Nunez, M., Mazzafera, P., Mazonra, L. M., Siqueira, W. J., Zullo, M. A. T.:** Influence of a brassionosteroid analogue on antioxidant enzymes in rice grown in culture medium with NaCl. *Biologia Plantarum*, 47, 67-70, 2003.
- Oerke, E. C.:** Crop losses to pests. *Journal of Agricultural Sciences*, 144, 31, 2006.
- Özdemir, F., Bor, M., Demiral, T., Turkan, I.:** Effects of 24-epibrassinolide on seed germination, seedling growth, lipid peroxidation, proline content and antioxidative system of rice (*Oryza sativa* L.) under salinity stress. *Plant Growth Regulation*, 42, 203-211, 2004.
- Sasse, J. M.:** Physiological actions of brassionosteroids: an update. *Journal of Plant Growth Regulation*, 22, 276-288, 2003.
- Sebastian, S. A., Fader, G. M., Ulrich, J. F., Forney, D. R., Chaleff, R. S.:** Semidominant soybean mutation for resistance to sulfonylurea herbicides. *Crop Science*, 29, 1403-1408, 1989.
- Shaner, D. L., Mallipudi, N. M.:** Mechanisms of selectivity of the imidazolinone herbicides. In: D. L., Shaner, S. L., O'Conner, (Eds.). *The Imidazolonone Herbicides* (pp. 91-102). Boca Raton, FL, USA: CRC Press., 1991.
- Simpson, D. M., Stoller, E. W.:** Thifensulfuron and imazethapyr interaction at the ALS enzyme in sulfonylurea-tolerant soybean (*Glycine max*). *Weed Science*, 44, 763-768, 1996.
- Tang, J., Han, Z., Chai, J.:** Q&A: what are brassionosteroids and how do they act in plants? *BMC Biology*, 14, 113, 2016.
- Vardhini, B. V., Rao, S. S. R.:** Amelioration of osmotic stress by brassionosteroids on seed germination and seedling growth of three varieties of sorghum. *Plant Growth Regulation*, 41, 25-31, 2003.
- Xia, X. J., Zhang, Y., Wu, J. X., Wang, J. T., Zhou, Y. H., Shi, K., Yu, Y. L., Yu, J. Q.:** Brassionosteroids promote metabolism of pesticides in cucumber. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 8406-8413, 2009.
- Yu, J. Q., Zhou, Y. H., Huang, L. F., Allen, D.:** Chill-induced inhibition of photosynthesis: genotypic variation within *Cucumis sativus*. *Plant Cell Physiology*, 43, 1182-1188, 2002.
- Zhou, Y., Xia, X., Yu, G., Wang, J., Wu, J., Wang, M., Yang, Y., Shi, K., Yu, Y., Chen, Z., Gan, J., Yu, J.:** Brassionosteroids play a critical role in the regulation of pesticide metabolism in crop plants. *Scientific Reports*, 5, 9018, 2015.

Applicability of 24-epibrassinolide for reducing phytotoxicity during combined thifensulfuron-methyl + imazamox treatment of soybean

SUMMARY

The applicability of 24-epibrassinolide for reducing phytotoxicity during combined treatments of soybean with thifensulfuron-methyl and imazamox was examined. Tests were conducted in three commercial soybean varieties (Valjevka, Galina and Galeb) on fields of the PKB Co. at Lepušnica and Glogonjski Rit over three vegetation seasons. Commercial products of thifensulfuron-methyl, imazamox and 24-epibrassinolide were used in the trials. The products were applied in combinations, using the recommended application rates at the soybean growth stage of third trifoliolate. Phytotoxicity was assessed 14 and 30 days after treatment, and grain yield of each soybean variety was measured at the end of each vegetation season. The combination of thifensulfuron-methyl and imazamox was found to be toxic to soybean in all three seasons, and symptoms of phytotoxicity included: chlorosis and dark red venation of leaves, delayed development of young leaves, and stunted growth. Phytotoxicity was significantly lower in the fields treated with 24-epibrassinolide. Also, the combination of thifensulfuron-methyl, imazamox and 24-epibrassinolide was associated with higher soybean grain yield, compared to the combination of thifensulfuron-methyl and imazamox.

Keywords: 24- epibrassinolide, thifensulfuron-methyl, imazamox, soybean, phytotoxicity.