

Uticaj fitohormona kinetina na razvoj fitotoksičnog procesa uzrokovanog fosfonatnim herbicidom sulfosatom

Bogdan Nikolić^{1*}, Vladan Jovanović², Sanja Đurović¹, Zoran Milićević¹,
Vaskrsija Janjić², Dejan Dodig³

¹Institut za zaštitu bilja i životnu sredinu, Teodora Dražera 9, 11000 Beograd

²Institut za pesticide i zaštitu životne sredine, Banatska 31b, 11080 Zemun, Beograd

³Institut za kukuruz, Slobodana Bajića 1, 11080 Zemun-Polje, Zemun, Beograd

*e-mail: bogdannik@mail2world.com

REZIME

U radu se razmatra dejstvo herbicida sulfosata na rastenje, akumulaciju i preraspodelu suve mase, kao i fotosintezu biljaka kukuruza raslih u poljskim uslovima i izloženih predtretmanu fitohormonom kinetinom, radi provere eventualnog protektivnog (prema herbicidu sulfosatu) dejstva pomenutog fitohormona. Nađeno je da fitohormon kinetin ne obezbeđuje biljkama kukuruza zaštitu od dejstva herbicida sulfosata, zato što dolazi do inhibicije rastenja, akumulacije i preraspodele suve mase, kao i fotosinteze biljaka kukuruza, nezavisno od toga da li su biljke prethodno tretirane ili ne fitohormonom kinetinom. Takođe je nađeno da su F_v/F_m i R_{FD} parametri fluorescencije Chla dobri nedestruktivni pokazatelji fiziološkog stanja biljaka, kod kontrolnih i kod sulfosatom tretiranih biljaka kukuruza.

Ključne reči: *Zea mays* L., sulfosat, kinetin, preraspodela suve mase, Chla, fotosinteza, parametri fluorescencije

UVOD

Pored inhibicije sekundarnog metabolizma (Amrhein et al., 1980) fosfonatni herbicidi (glifosat i sulfosat) vrlo brzo (1-2 h) po primeni inhibiraju fotosintezu i sintezu skroba (Shieh et al., 1991). U tom smislu razmatran je međuodnos fotosinteze i rastenja biljaka kukuruza izloženih herbicidu sulfosatu (Nikolić i sar., 2004 a, b; Nikolić i sar., 2005 a, b). Nađeno je da sulfosat u različitoj meri inhibira fotosintezu i rastenje kukuruza, zavisno od tzv. „proizvođač-potrošač” odnosa u biljci (Nikolić i sar., 2004b; Nikolić i sar., 2005a). Kao objašnjenje, izneto je

nekoliko alternativnih tumačenja razvoja fitotoksičnog procesa uzrokovanog ovim herbicidom. Jedno od tih tumačenja odnosi se na značaj citokininskih fitohormona u održanju fotosinteze, rastjenja i tzv. „proizvođač-potrošač” odnosa u biljkama (Nikolić, 2007). Pretpostavljeno je da bi citokininski fitohormoni mogli protektivno delovati na biljku u odnosu na fitotoksično dejstvo fosfonatnih herbicida. Osnovu za takvu pretpostavku čini i nalaz Pline i saradnika (2003) da gibberelinski fitohormon GA_3 delimično uklanja posledice fitotoksičnog dejstva glifosata na glifosat-rezistentne transgene biljke pamuka.

MATERIJAL I METODE

Biljke kukuruza (*Zea mays* L; cv. ZPSC 704) uzgajane su 5 nedelja u poljskim uslovima tokom jula i avgusta 2005 godine. Tokom 4 dana pre početka ogleda svakodnevno je vršena aplikacija po 2 ml 10^{-6} M vodenog rastvora kinetina (polovina biljaka, KIN „+« biljke) ili 2 ml vode (druga polovina biljaka; KIN „-“ biljke) po biljci. Na početku ogleda jedna polovina KIN „+” i jedna polovina KIN „-“ biljaka tretirana je sa 10^{-2} M vodenim rastvorom sulfosata („Touchdown”, Syngenta; 480 g a.s./L); ostale biljke bile su KIN „+” i KIN „-“ kontrola. Tokom 8 dana od početka ogleda praćeni su parametri indukcije fluorescencije hlorofila (Chla) pomoću *Handy PEA* fluorometra (*Hansatech*, UK), kao i parametar gašenja fluorescencije Chla R_{Fd} na PAM 101/103 fluorometru (*Walz*, Germany). Po Lichtenthaler-u parametar R_{Fd} predstavlja pokazatelj ukupne fotosinteze (Lichtenthaler and Miehe, 1997). Pre samog merenja delovi najmlađih, potpuno formiranih listova inkubirani su 3 časa u tami. Takode su određivani parametri akumulacije i preraspodele suve mase, kao i RWC parametar vodnog režima. Rezultati su dati kao srednje vrednosti sa standardnim devijacijama.

REZULTATI I DISKUSIJA

Primetno je da su vrednosti parametara indukcije fluorescencije Chla (F_0 , F_m , F_v/F_m , F_v/F_0) na početku ogleda više kod KIN „+” biljaka, kao i u slučaju parametra R_{Fd} (tabele 1 i 2). Tokom ogleda svi parametri fluorescencije Chla opadaju, nezavisno od tretmana, ali su njihove vrednosti više kod KIN „+” biljaka. Posebno je to izraženo kod parametra R_{Fd} .

Na kraju ogleda, kod sulfosatom tretiranih KIN „+” biljaka zapažamo više vrednosti (u odnosu na KIN „-“ biljke) parametara fluorescencije Chla (tabele 1 i 2). Te razlike nisu velike. Pošto kontrolne KIN „-“ biljke imaju znatno više vrednosti (u odnosu na KIN „+” biljke) parametra R_{Fd} , smatramo da, imajući u vidu i ostale parametre fluorescencije Chla, predtretiranje biljaka kinetinom nema značajnog uticaja na fotosintezu, niti deluje protektivno prema fitotoksičnom dejstvu herbicida sulfosata (tabele 1 i 2), barem kod kukuruza navedenog uzrasta. Izdvajamo parametre F_v/F_m i R_{Fd} kao pogodne za detekciju promena vezanih za gore opisane i slične pojave.

Tabela 1. Parametri indukcije (F_0 , Fm, Fv/Fm, Fv/ F_0 , P_{index} , Tfm, area) i gašenja (R_{Fd}) fluorescencije Chla kod KIN „-“ biljaka kukuruza uzrasta 5 nedelja. Na dan početka ogleda jedna polovina biljaka tretirana je 10^{-2} M rastvorom sulfosata (tretirane, T biljke), a druga polovina biljaka nije tretirana (kontrolne, K biljke).

Table 1. Chla fluorescence parameters of induction (F_0 , Fm, Fv/Fm, Fv/ F_0 , P_{index} , Tfm, area) and extinction (R_{Fd}) of the KIN “-” maize plants aged 5 weeks. Half of the plants were treated with 10^{-2} M sulphosate (T plants) and the other half were control plants (K plants).

parametar	dani/tretman				
	0/K	4/K	4/T	8/K	8/T
Fo (r.u.)	410,00±87,72	382,00±16,99	504,00±60,12	344,25+ 12,55	494,50+ 69,56
Fm (r.u.)	2094,75±478,31	1488,25±46,22	1317,75+ 229,22	1813,50±61,06	957,00±214,83
Fv/Fm	0,804±0,005	0,743±0,012	0,600±0,101	0,810±0,006	0,456±0,169
Fv/Fo	4,095±0,115	2,902±0,188	1,711±0,805	4,263±0,185	1,011±0,759
P_{index}	3,701±1,499	1,615±0,238	0,587±0,610	5,012±0,968	0,158±0,200
T _{fm} (ms)	600,00±163,30	600,00±0,00	500,00±81,65	600,00±81,65	442,50±182,28
area (bms)	53125,00±3369,90	37475,00±2904,45	26275,00±9460,58	61950,00±4275,00	8000,00±5630,80
R_{Fd}	3,641±0,229	3,604±0,241	3,987±0,272	3,780±0,579	1,959±1,266

Tabela 2. Parametri indukcije (F_0 , Fm, Fv/Fm, Fv/ F_0 , P_{index} , Tfm, area) i gašenja (R_{Fd}) fluorescencije Chla kod KIN „+“ biljaka kukuruza uzrasta 5 nedelja. Na dan početka ogleda jedna polovina biljaka tretirana je 10^{-2} M rastvorom sulfosata (tretirane, T biljke), a druga polovina biljaka nije tretirana (kontrolne, K biljke).

Table 2. Chla fluorescence parameters of induction (F_0 , Fm, Fv/Fm, Fv/ F_0 , P_{index} , Tfm, area) and extinction (RFd) of the KIN “+” maize plants aged 5 weeks. Half of the plants were treated with 10^{-2} M sulphosate (T plants) and the other half were control plants (K plants).

parametar	dani/tretman				
	0/K	4/K	4/T	8/K	8/T
Fo (r.u.)	411,75±100,75	357,75±18,37	392,25±19,16	343,90±9,50	430,25±45,11
Fm (r.u.)	2209,25±572,72	1615,75±71,02	1515,00±133,14	1805,75±74,57	999,50±438,38
Fv/Fm	0,818±0,011	0,778±0,022	0,739±0,023	0,810±0,009	0,515±0,177
Fv/Fo	4,352±0,219	3,539±0,421	2,867±0,337	4,259±0,245	1,312±1,027
P_{index}	3,736+ 1,898	3,290±0,947	2,058±0,224	4,5041±1,078	0,334±0,457
T _{fm} (ms)	546,25±134,99	633,75±47,15	500,00±81,65	500,00±141,42	625,00±206,16
area (bms)	43150,00±5808,90	45400,00±3963,16	46200,00±3959,80	52550,00±2918,33	9300,00±206,16
R_{Fd}	5,910±3,022	3,871±0,384	3,500±0,417	3,550±0,497	1,861±0,701

Tokom prve polovine ogleda zapaža se nešto veća akumulacija suve mase kod KIN „+“ biljaka, ali do kraja ogleda ta razlika se gubi (tabele 3, 4). Primećuje se stabilnost akumulacije suve mase korena kod KIN „+“ biljaka, nezavisno od tretmana, što bi mogla da bude indikacija stabilnosti korenskih funkcija ovih biljaka. Uočavaju se i visoke vrednosti RWC parametra vodnog režima KIN „+“ biljaka tokom prve polovine ogleda (tabela 4). To ukazuje na stabilnost vodnog režima ovih biljaka, nezavisno od tretmana (tabela 4). To nije slučaj kod KIN „-“ biljaka (tabela 3). Međutim, do kraja ogleda tretman sulfosatom uslovljava drastičan pad vrednosti ovog parametra, nezavisno od toga da li su biljke predtretirane kinetinom ili ne. Na osnovu iznetog, može se zaključiti da citokininski fitohormoni ne mogu imati protektivnu

ologu pri razvoju fitotoksičnog procesa uzrokovanog fosfonatnim herbicidima, barem pri izabranom načinu aplikacije.

Tabela 3. Parametri akumulacije (WT_T ; g) i preraspodele suve mase (WT_L , WT_S , WT_R ; g) između biljnih organa (list (L), stablo (S) i koren (R)) KIN „-“ biljaka kukuruza uzrasta 5 nedelja. Date su i vrednosti RWC (%) parametra vodnog režima najmlađeg, potpuno razvijenog (6-ti) lista tih biljaka kukuruza. Na dan početka ogleda jedna polovina biljaka tretirana je 10^{-2} M rastvorom sulfosata (tretirane, T biljke), a druga polovina biljaka nije tretirana (kontrolne, K biljke).

Table 3. Parameters of accumulation (WT_T ; g) and partitioning of dry weight (WT_L , WT_S , WT_R ; g) between plant organs (leaf (L), shoot (S) and root (R)) of the KIN “-” maize plants aged 5 weeks. Also, table shows parameter of the water regime RWC (%) of the youngest, fully developed 6th leaf of maize plants. Half of the plants were treated with 10^{-2} M sulphosate (T plants) and the other half were control plants (K plants).

parametar	dani/tretman				
	0/K	4/K	4/T	8/K	8/T
WT_L (g)	2,46±1,21	3,64±1,39	3,44±0,79	4,93±0,79	3,55±1,38
WT_S (g)	1,98±0,52	2,11±1,00	1,88±0,39	2,22±0,79	1,84±0,78
WT_R (g)	0,34±0,12	0,92±0,38	0,50±0,18	0,71±0,27	0,59±0,09
WT_T (g)	4,78±1,22	6,67±2,45	5,82±1,22	7,85±1,36	5,97±2,14
RWC (%)	95,42±1,68	94,08±0,58	63,06±9,16	96,35±1,51	69,76±32,86

Tabela 4. Parametri akumulacije (WT_T ; g) i preraspodele suve mase (WT_L , WT_S , WT_R ; g) između biljnih organa (list (L), stablo (S) i koren (R)) KIN „+“ biljaka kukuruza uzrasta 5 nedelja. Date su i vrednosti RWC (%) parametra vodnog režima najmlađeg, potpuno razvijenog (6-ti) lista pomenutih biljaka kukuruza. Na dan početka ogleda jedna polovina biljaka tretirana je 10^{-2} M rastvorom sulfosata (tretirane, T biljke), a druga polovina biljaka nije tretirana (kontrolne, K biljke).

Table 4. Parameters of accumulation (WT_T ; g) and partitioning of dry weight (WT_L , WT_S , WT_R ; g) between plant organs (leaf (L), shoot (S) and root (R)) of the KIN “+” maize plants aged 5 weeks. Also, table shows parameter of the water regime RWC (%) of the youngest, fully developed 6th leaf of maize plants. Half of the plants were treated with 10^{-2} M sulphosate (T plants) and the other half were control plants (K plants).

parametar	dani/tretman				
	0/K	4/K	4/T	8/K	8/T
WT_L (g)	3,17±0,68	4,05±0,92	3,4811,19	4,7011,04	3,45±0,89
WT_S (g)	1,68±0,40	2,43±0,53	1,8010,58	2,3010,46	1,8810,56
WT_R (g)	0,29±0,09	0,68±0,16	0,62±0,23	0,6810,20	0,7410,19
WT_T (g)	5,14±1,06	7,1511,38	5,9011,86	7,6811,42	6,0711,50
RWC (%)	96,1111,21	94,0710,96	85,8415,55	97,9010,44	48,63±17,50

ZAHVALNICA

Dugujemo zahvalnost rukovodstvu Instituta za poljoprivredna i tehnološka istraživanja iz Zaječara, koje nam je pozajmilo fluorometar *Handy-PEA*. Preparat herbicida «*Touchdown*» dobijen je ljubaznošću g-dina Aleksandra Marinkovića (*Syngenta* Srbija, Beograd). Istraživanja predstavljena na ovom radu finansirana su iz projekata Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije TR 31018, TR 31037 i TR 31043.

LITERATURA

- Amrhein, N., Deus, B., Gehrke, P., Steinrucken, H.C.:** The Site of the Inhibition of the Shikimate Pathway by Glyphosate. II Interference of Glyphosate with chorismate formation *in vivo* and *in vitro*. *Plant Physiology*, 66, 830-834, 1980.
- Lichtenthaler, H.K. and Miede, J.A.:** Fluorescence imaging as a tool for plant stress. *Trends in Plant Science*, 2, 316-320, 1997.
- Nikolić, B., Janjić, V., Jovanović, V.:** Novi aspekti mehanizma dejstva herbicida grupe fosfonata. *Acta herbologica*, 13 (2), 347-358, 2004a.
- Nikolić, B., Janjić, V., Ignjatović, S., Jovanović, V.:** Source-sink manipulation in sulfosate-stressed maize (*Zea mays* L.) plants. Proceedings of the XXXIV ESNA Annual Meeting, Novi Sad, str. 478-483, 2004b.
- Nikolić, B., Janjić, V., Jovanović, V.:** Fotosinteza, preraspodela suve mase i rastenje biljaka kukuruza (*Zea mays* L.) izloženih herbicidu sulfosatu. Program i izvodi saopštenja XVI Simpozijuma drustva za fiziologiju biljaka SCg, Bajina Basta, 50-51, 2005a.
- Nikolić, B., Drinić, G., Janjić, V., Šantrić, Lj., Jovanović, V.:** Use of chlorophyll fluorescence in weed science and studies of herbicide effects. 1. Influence of different factors on sulfosate phytotoxicity. *Acta herbologica*, 14 (2), 57-64, 2005b.
- Nikolić, B.:** Inhibicija fotosinteze i rastjenja kukuruza (*Zea mays* L.) u uslovima stresa izazvanim herbicidom sulfosatom. Doktorska disertacija, Prirodno-matematički fakultet u Kragujevcu, 2007.
- Pline, W.A., Edmisten, K.L., Wilcut, J.W., Wells, R., Thomas, J.:** Glyphosate-induced reductions in pollen viability and seed set in glyphosate-resistant cotton and attempted remediation by gibberellic acid (GA3). *Weed Science*, 51, 19-27, 2003.
- Shieh, W.J., Geiger, D.R., Servaites, J.C.:** Effect of N-(Phosphonomethyl) glycine on Carbon Assimilation and Metabolism during Simulated Natural Day. *Plant Physiology*, 97, 1109-1114, 1991.

Influence of Phytohormone Kinetin on Progress of Phytotoxic Process Induced by Phosphonate Herbicide Sulphosate

SUMMARY

Effects of the herbicide sulphosate on growth, accumulation and distribution of dry weight and photosynthesis were investigated in maize plants grown in field conditions and previously subjected to influence of kinetine, because of potentially protective role of this phytohormone.

This phytohormone not protected maize plants from phytotoxic action of herbicide sulphosate, because of inhibition of growth, accumulation and distribution of dry weight and also photosynthesis, irrespective of kind of pretreatment of plants (with or without kinetine). Also we concluded that Fv/Fm and R_{Fd} parameters of Chla fluorescence is good nondestructive indicators of plant physiological status, both in control and sulphosate-treated maize plants.

Keywords: *Zea mays* L., sulphosate, kinetine, dry weight distribution, Chla, phluorescence parameters

Primljen: 11.10.2011.

Odobren: 21.11.2011.