Promene mikrobiološke aktivnosti zemljišta nakon primene glifosata

*Ljiljana Šantrić, Ljiljana Radivojević, Jelena Gajić Umljendić, Marija Sarić-Krsmanović,
Rada Đurović-Pejčev

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

*e-mail: ljiljana.santric@pesting.org.rs

REZIME

Ispitivan je uticaj herbicida glifosata na brojnost bakterija i aktinomiceta, aktivnost enzima β -glukozidaze i mikrobiološku biomasu fosfora. Ogled je postavljen u laboratorijskim uslovima na dva tipa zemljišta koja se razlikuju po svojim fizičko-hemijskim osobinama (ilovača i peskuša). Primenjene su koncentracije od 32,6; 65,2; 326,0 i 3260,0 mg a. s. kg^{-1} zemljišta. Uzorci za analizu uzeti su 3, 7, 14, 30 i 45 dana nakon primene glifosata. Dobijeni rezultati su pokazali da je delovanje glifosata na mikrobiološku aktivnost ispitivanih zemljišta zavisilo od primenjene koncentracije, dužine delovanja i tipa zemljišta, te je u zavisnosti od toga bilo stimulativno ili inhibitorno. Međutim, utvrđene promene su bile prolaznog karaktera, pa se pretpostavlja da nema realnog rizika od narušavanja ravnoteže mikrobioloških procesa u zemljištima pod uticajem ovog jedinjenja.

Ključne reči: glifosat, zemljište, bakterije, aktinomicete, β -glukozidaza, biomase fosfora

UVOD

Glifosat (N-phosphonomethylglycine) je herbicid iz hemijske grupe derivata glicina i koristi se kod suzbijanja jednogodišnjih korova kao i višegodišnjih korovskih biljaka sa razvijenim rizomom uključujući šiblje i drvenaste biljke. Njegova primena je česta kod uništavanja nepoželjne vegetacije i pretvaranja zapuštenih površina u poljoprivredno zemljište. Slabo je toksičan za različite toplokrvne i druge organizme, a ispoljava i slabu rezidualnu aktivnost. (Janjić, 2005).

Hemijska degradacija glifosata u zemljištu je slabo zastupljena, a glavni degradacioni procesi odvijaju se pod uticajem mikroorganizama. Ispitujući ulogu mikroorganizama u degradaciji glifosata Dick i Quin (1995) su od 163 ispitana soja bakterija pronašli 26 izolata koji su bili sposobni da metabolišu ovaj herbicid. Obojska i sar. (1999) su dobili izolat aktinomicete StC iz roda *Streptomyces* sp. koji pokazuje visoku sposobnost degradacije glifosata, koristeći C-P vezu kao izvor fosfora. Na ponašanje glifosata u zemljištu može uticati niz faktora. Vinther i sar., (2008) su utvrdili da je mineralizacija glifosata bila značajno veća u uslovima povećane mikrobiološke aktivnosti. U radu sa zemljištima različitog sadržaja organske mase (Haney i sar., 2002; Morillo i sar., 2000) su uočili da je glifosat brže mineralizovan na zemljištima sa većim sadržajem organske materije u kojima je i sadržaj mikrobiološke biomase bio veći i da adsorpcija ovog herbicida nije zavisila od sadržaja minerala gline i kapaciteta razmene katjona, već je bila u interakciji sa količinom organske materije i oksida gvožđa i aluminijuma.

Velika i učestala primena totalnih herbicida kao što je glifosat zahtevala je i istraživanja o njegovom delovanju na mikrobiološku aktivnost tretiranih zemljišta. Brojna istraživanja su pokazala da je ovaj herbicid delovao na mikrobiološku aktivnost zemljišta, kako pozitivno tako i negativno, a da je taj efekat delovanja zavisio od različitih faktora i parametara (Araújo i sar., 2003; Zabaloy i sar., 2008; Gomez i sar., 2009). Međutim, prema rezultatima nekih autora (Busse i sar., 2001; Liphadzi i sar., 2005; Ratcliff i sar., 2006) primena glifosata nije izazvala značajnije promene u aktivnosti mikroorganizama zemljišta.

Cilj ovih istraživanja je bio da se ispita u kojoj meri je glifosat delovao na mikrobiološku aktivnost u zavisnosti od tipa zemljišta, a zatim i od primenjene koncentracije i vremena nakon primene.

MATERIJAL I METODE

Uticaj glifosata (preparat Roundup, Monsanto) na mikrobiološku aktivnost zemljišta ispiti-
van je u laboratorijskim uslovima. Primenjen je u koncentracijama 32,6; 65,2; 326,0 i 3260,0 mg
a. s. kg⁻¹zemljišta, a koncentracije su izabrane tako da najniža odgovara količini koja se preporu-
čuje za primenu, druga je dva puta veća, treća deset, a četvrta sto puta veća. Ispitivanja su vršena
na dva tipa zemljišta različitih fizičko-hemijskih karakteristika. Jedno od zemljišta je ilovača,
srednje karbonatna, slabo alkalna i dosta humozna, bogata ukupnim azotom, i dobro obezbeđe-
na pristupačnim fosforom i kalijumom. Fizičko-hemijske karakteristike ovog zemljišta su: pesak
49,80%, prah 33,40%, glina 16,80%, ukupan ugljenik 2,30%, ukupan azot 0,25%, humus 3,96%
i pH 7,64. Drugi tip zemljišta je peskuša, srednje karbonatna, srednje alkalna i veoma slabo hu-

mozna, umereno obezbeđena ukupnim azotom, a dobro obezbeđena pristupačnim fosforom i kalijumom. Fizičko-hemijske karakteristike ovog zemljišta su: pesak 91,44%, prah 1,32%, glina 7,24%, ukupan ugljenik 0,53%, ukupan azot 0,06%, humus 0,91% i pH 8,04.

Zemljišta su uzeta sa dubine od 0 do 10 cm, sa površina na kojima nikada nisu primenjeni herbicidi, očišćena su od ostataka nadzemnih i podzemnih delova biljaka, osušena do vazdušno suvog stanja i prosejana kroz sito prečnika 5 mm. Odgovarajuće koncentracije herbicida nanete su na površinu jednog kilograma zemljišta pumpicom za tankoslojnu hromatografiju, a zatim je izvršena homogenizacija na rotacionoj mućkalici u trajanju od 30 minuta. Nakon homogenizacije zemljište je preneto u vegetacione sudove. Kontrola nije tretirana herbicidima. Ogledi su izvedeni u četiri ponavljanja. Vegetacioni sudovi su za sve vreme trajanja oglada držani u polukontrolisanim uslovima na temperaturi od $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$. Vlažnost zemljišta je održavana na 50% poljskog vodnog kapaciteta. Uzorci za analize uzimani su 3, 7, 14, 30 i 45 dana posle primene herbicida. U okviru mikrobioloških analiza određen je ukupan broj bakterija i aktinomiceta, a od biohemijskih parametara određena je aktivnost enzima, β -glukozidaze i mikrobiološka biomasa fosfora.

Brojnost mikroorganizama određena je metodom agarnih ploča (Plate Count Method), korišćenjem selektivnih podloga. Ukupan broj bakterija određen je na zemljišnom agaru, a broj aktinomiceta na sintetičkom agaru po Krasiljnikovu. Rezultati su izraženi u broju mikroorganizama na gram apsolutno suvog zemljišta (Jarak i Đurić, 2006). β -glukozidaza je određivana po metodi Tabatabai (1982), a koja predstavlja modifikaciju osnovne metode koju je opisao Eivazi (1977). Metoda je zasnovana na spektrofotometrijskom određivanju p-nitrofenola (p-NP) koji nastaje iz p-nitrofenil- β -D-glukozida, kao proizvod aktivnosti enzima. Merenje je vršeno na talasnoj dužini 410 nm, a aktivnost enzima je izražavana u μg p-NP po gramu zemljišta, u sekundi. Za određivanje mikrobiološke biomase fosfora korišćena je metoda Brookes i sar. (1982). Uzorci su, prvo, inkubirani u natronskom kreću [kalcijum karbonat (CaCO_3) i natrijum hidrok-sid (NaOH)], u vlažnim uslovima, a zatim fumigovani bezalkoholnim hloroformom (CHCl_3). Nakon inkubacije fosfor je ekstrahovan 0.5 M rastvorom natrijum-hidrokarbonata (NaHCO_3). Količina fosfora određivana je spektrofotometrijski na talasnoj dužini 882 nm. Mikrobiološka biomasa fosfora izračunavana je po metodi Murphy i Riley (1962), a korekcija adsorbovanog fosfora za vreme ekstrakcije izvršena je po Brookes i sar. (1985). Rezultati su izražavani u μg P po gramu zemljišta.

Dobijeni podaci su statistički obrađeni u softverskom paketu Statistica 8.0, a korišćena je trofaktorijalna analiza varijanse. U varijantama kada su F vrednosti bile statistički značajne ($p < 0,05$) poređenje tretmana i ocena za svaki mereni parametar rađena je pomoću LSD testa.

REZULTATI I DISKUSIJA

Bakterije su najbrojnija grupa mikroorganizama i od izuzetnog značaja su za pedogenezu, stvaranje i održavanje plodnosti zemljišta. Uticaj glifosta na ukupan broj bakterija u ispitivanim zemljištima prikazan je na grafikonu 1. Povećanje ukupnog broja bakterija u ilovači u toku trećeg i sedmog dana izazvale su sve primenjene koncentracije glifosata u intervalu od 38,4% do 126,7% ($324,54 - 555,3 \times 10^5 \text{g}^{-1}$ zemljišta). Međutim, od četrnaestog dana pa do kraja eksperimenta (45 dan) zabeleženo je značajno smanjenje ovog parametra (46,7%). Najmanji broj bakterija utvrđen je tridesetog dana pri najmanjoj koncentraciji (32,6 mg) i iznosio je $147,1 \times 10^5 \text{g}^{-1}$ zemljišta. Statističkom analizom rezultata utvrđeno je da su ove promene statistički značajne u odnosu na kontrolne vrednosti ($p < 0,05$).

Grafikon 1. Efekat delovanja glifosata na ukupan broj bakterija

Primena glifosata u peskuši je trećeg dana (pri primeni svih koncentracija) i sedmog dana (pri primeni najmanje koncentracije, 32,6 mg) izazvala statistički značajno ($p < 0,05$) povećanje broja bakterija koje se kretalo od 39,4% do 63,1%. Takođe, četrdeset petog dana u varijantama sa 326,0 mg i 3260,0 mg glifosata značajno je povećan ovaj parametar. Najveći broj bakterija ($139,9 \times 10^5 \text{g}^{-1}$ zemljišta) zabeležen je pri primeni 3260,0 mg glifosata u trećem danu. Od sedmog dana ukupan broj bakterija se smanjuje i u zavisnosti je od primenjene koncentracije i vremena primene. Ovaj trend opadanja brojnosti zadržava se do kraja eksperimenta i kreće se u inter-

valu od 17,6 % do 46,1%. Najmanji broja bakterija zabeležen u toku eksperimenta iznosio je $38,87 \times 10^5 \text{ g}^{-1}$ zemljišta. Iz prikazanih rezultata može se uočiti da je glifosat i pored stimulativnog efekta u pojedinim varijantama oglada, kod većeg broja tretmana ispoljio negativan uticaj na ukupan broj bakterija. Ovakav trend zabeležen je kod oba tipa zemljišta.

Istraživanja drugih autora (Busse i sar., 2001) su pokazala da dugogodišnja primena glifosata u zasadu bora nije uticala na brojnost bakterija. Međutim, Partoazar i sar. (2011) su utvrdili da je u zemljištu sa dužim periodom primene glifosata broj heterotrofnih bakterija bio značajno povećan, što autori objašnjavaju time da je herbicid poslužio kao izvor hranljivih elemenata. Za razliku od prethodnih istraživanja, predsetvena primena glifosata je uticala na promenu strukture i smanjila raznovrsnost bakterija u zemljištu (Lupwayi i sar., 2009).

Aktinomicete predstavljaju značajan parametar mikrobiološkog profila zemljišta. Rezultati uticaja glifosata na aktinomicete u ilovači i peskuši prikazani su na grafikonu 2. U prvih četrnaest dana glifosat je u svim varijantama oglada ispoljio negativan efekat na broj aktinomiceta u ilovači. Ova smanjenja su bila statistički značajna ($p < 0,05$) i iznosila su od 30,6% do 85,7%. Najmanji broj je zabeležen u četrnaestom danu i iznosio je $3,7 \times 10^4 \text{ g}^{-1}$ zemljišta. Međutim, u tridesetom i četrdeset petom danu broj aktinomiceta se statistički značajno povećao usled delovanja najniže (32,6 mg) i duplo veće (65,2 mg) koncentracije ovog herbicida. Tada je zabeležen i maksimalan broj koji je iznosio $43,3 \times 10^4 \text{ g}^{-1}$ zemljišta. Ostale konstatovane promene nisu bile statistički značajne u poređenju sa kontrolom.

Graf. 2. Efekat delovanja glifosata na broj aktinomiceta

U prva tri dana eksperimenta sa glifostom, u peskuši je kod dve veće koncentracije registrovano smanjenje broja aktinomiceta i do 64,9 %, i ovaj negativan trend se zadržao do četrnaestog dana, a sve razlike su bile statistički značajne ($p < 0,05$). Minimalan broj u ovom zemljištu zabeležen je sedmog dana i iznosio je $17,7 \times 10^4 \text{ g}^{-1}$ zemljišta. U svim ostalim varijantama ogleda (od trećeg do četrdeset petog dana) uočene promene nisu bile statistički značajne. Iz prikazanih rezultata se može zaključiti da je primena glifosata imala značajan inhibitorski efekat na aktinomicete kod oba tipa zemljišta. U radu sa glifosatom, Araújo i sar. (2003) su utvrdili da je njegova primena izazvala povećanje u broju gljiva i aktinomiceta, dok se broj bakterija smanjio. Takođe, primena glifosata u poljskim uslovima na zemljištu tipa černozem, stimulisala je broj aktinomiceta dok je ukupan broj bakterija bi značajno smanjen (Šantrić i sar., 2005).

β -glukozidaza pripada grupi enzima koji katališu reakcije razgradnje glikozida, kojim se oslobađa energija za fiziološke procese mikroorganizama. Aktivnost enzima β -glukozidaze u ilovači, bila je smanjena usled delovanja glifosata od trećeg do četrnaestog dana ogleda (3,6% - 16,1%). Ovo statistički značajno smanjenje aktivnosti registrovano je kod svih koncentracija ovog herbicida ($p < 0,05$). Negativno delovanje glifosata zabeleženo je i u tridesetom danu ali samo kod dve najveće koncentracije (326,0 i 3260,0 mg). Minimalna aktivnost enzima β -glukozidaze u ilovači je iznosila $153,9 \mu\text{g-pNP g}^{-1}\text{zemljišta s}^{-1}$. U četrdeset petom danu dobijene vrednosti su bile na nivou kontrole (graf. 3).

Grafikon 3. Efekat delovanja glifosata na β -glukozidazu

Iz prikazanih rezultata (graf. 3) može se videti da u prva tri dana glifosat nije uticao na promenu aktivnosti enzima β -glukozidaze u peskuši. Njegov negativan efekat na aktivnost enzima zabeležen je sedmog, četrnaestog i tridesetog dana ogleda, kod svih primenjenih koncentracija (4,1% - 9,7%). Sve promene su bile statistički značajne ($p < 0,05$), a minimalna vrednost ovog enzima u peskuši iznosila je $117,68 \mu\text{g-pNPg}^{-1}\text{zemljišta s}^{-1}$. Na kraju oglednog perioda (četrdeset peti dan) dobijene razlike nisu bile statistički značajne u odnosu na kontrolne vrednosti.

Slično našim rezultatima, pri primeni samog glifosata i u kombinaciji sa diflufenikanom na peskovitoj ilovači i glinovitom zemljištu Tejada (2009) je dobio smanjenu aktivnost β -glukozidaze a ovaj inhibicioni efekat bio je jači kod peskovitog zemljišta kao i pri kombinaciji sa diflofenikanom. Međutim istraživanja drugih autora su pokazala pozitivan efekat glifosata na β -glukozidaznu aktivnost (Monkiedje i sar., 2006; Panettieri i sar., 2013).

Mikrobiološka biomasa fosfora pruža informacije o intezitetu procesa imobilizacije i oslobađanja fosfora u zemljištu. Iz prikazanih rezultata (graf. 4) se vidi da je glifosat u ilovači izazvao statistički značajno smanjenje mikrobiološke biomase fosfora u toku čitavog oglednog perioda ($p < 0,05$) i to pri primeni dve najveće koncentracije. Smanjenja ovog parametra su se kretalo od 7,66 % do 44,9%. Apsolutne vrednosti mikrobiološke biomase fosfora su iznosile od 26,87 do $51,59 \mu\text{g P g}^{-1}\text{zemljišta}$, minimum je zabeležen sedam dana nakon primene glifosata a maksimum u kontroli četrdeset petog dana.

Grafikon 4. Efekat delovanja glifosata na biomasu fosfora

Tri dana nakon primene dve najveće koncentracije glifosata, u peskuši je registrovano povećanje vrednosti mikrobiološke biomase fosfora (26,2%). Tada je zabeležena i maksimalna vrednost koja je iznosila $34,70 \mu\text{g P g}^{-1}$ zemljišta. Međutim, od sedmog do tridesetog dana primena duplo veće, kao i deset i sto puta veće koncentracije imala je negativan efekat (38,7%) na ovaj parametar i statistički ga značajno smanjila ($p < 0,05$). U ovom periodu zabeležena je minimalna vrednost mikrobiološke biomase fosfora i iznosila je $16,27 \mu\text{g P g}^{-1}$ zemljišta. Na kraju oglednog perioda sve vrednosti su bile na nivou kontrole. U radu sa herbicidom bromoksinilom Abbas i sar. (2014) su utvrdili značajno smanjenje biomase fosfora u svim ispitivanim zemljištima gde je ovaj herbicid bio primenjen, a maksimalno smanjenje je iznosilo 28,8%. Takođe, Ahemad i Khan (2010) su zaključili da smanjenje mikrobiološke biomase fosfora nakon primene pesticida može biti u direktnoj vezi sa smanjenjem broja bakterija koje su sposobne da rastvaraju različite oblike fosfora u zemljištu.

ZAKLJUČAK

Iz prikazanih rezultata može se zaključiti da su vrednosti mikrobioloških parametara u periodu od 45 dana tretiranja zemljišta bile značajno veće u ilovači u odnosu na peskušu u svim varijantama ogleda. To se može objasniti boljim fizičko-hemijskim karakteristikama ovog zemljišta, a pre svega visokim sadržajem organske materije. U ovom periodu primena glifosata je izazvala značajne statističke promene kod ispitivanih mikrobioloških parametara. U pojedinim tretmanima ovaj uticaj je bio pozitivan ali generalni zaključak je da je ovaj herbicid inhibirao mikrobiološku aktivnost oba ispitivana zemljišta. Međutim, utvrđene promene su bile prolaznog karaktera, jer su na kraju oglednog perioda (45 dana) vrednosti bile na nivou kontrole, pa se može smatrati da nema realnog rizika od narušavanja ravnoteže mikrobioloških procesa u zemljištu pod uticajem ovog herbicida.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je rezultat projekta TR 31043 Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

LITERATURA

- Abbas, Z., Akmal, M., Khan, K.S., Hassan, F.:** Effect of Buctril Super (Bromoxynil) herbicide on soil microbial biomass and bacterial population. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 57, 9-14, 2014.
- Ahemad, M., Khan, M.S.:** Plant growth promoting activities of phosphate-solubilizing *Enterobacter asburiae* as influenced by fungicides. *EurAsia Journal of BioSciences*, 4, 88-95, 2010.
- Araújo, A.S.F., Monteiro, R.T.R., Abarkeli, R.B.:** Effect of glyphosate on the microbial activity of two Brazilian soils. *Chemosphere*, 52, 799-804, 2003.
- Brookes, P. C., Powlson, D. S., Jenkinson, D. S.:** Mesurement of microbial biomass phosphorus in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 14, 319-329, 1982.
- Brookes, P. C., Landman, A., Pruden, G., Jenkinson, D. S.:** Chloroform-fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 17, 837-842, 1985.
- Busse, M. D., Ratcliff, A. W., Shestak, C. J., Powers, R. F.:** Glyphosate toxicity and the effects of long-term vegetation control on soil microbial communities. *Soil Biolgy and Biochemistry*, 33, 1777-1789, 2001.
- Dick, R.E. and Qinn, J.P.:** Glyphosate – degrading isolates from environmental samples: occurence and pathways of degradation. *Applied Microbiology Biotechnology*, 43, 545-550, 1995.
- Eivarzi, F. and Tabatabai, M. A.:** Phosphatases in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 9, 167-172, 1977.
- Gomez, E., Ferreras, L., Lovotti, L., Fernandez, E.:** Impact of glyphosate application on microbial biomass and metabolic activity in a Vertic Argiudoll from Argentina. *European Journal of Soil Biology*, 45, 163-167.
- Haney, R.L., Senseman, S.A., and Hons F. M.:** Effect of Roundap Ultra on microbial activity and biomass from selected soils. *Journal Environmental Quality*, 31, 730-735, 2002.
- Janjić, V.:** Fitofarmacija. Društvo za zaštitu bilja Srbije, Institut za istraživanja u poljoprivredi „Srbija“ i Poljoprivredni Fakultet Banja Luka. Beograd – Banja Luka, 2005.
- Jarak, M., Đurić, S.:** Praktikum iz mikrobiologije. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 2006.
- Liphadzi, K.B., Al-Khatib, K., Bensch, C.N., Stahlman, P.W., Dille, J.A., Todd, T., Rice, C.W., Horak, M.J.:** Soil microbial and nematode communities as affected by glyphosate and tillage practices in a glyphosate-resistant cropping system. *Weed Science*, 53, 536-545, 2005.
- Lupway, N. Z., Harker, K. N., Clayton, G. W., O'Donovan, J. T. and Blackshaw, R.E.:** Soil microbial response herbicides applied to glyphosate-resistant canola. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 129, 171-176, 2009.
- Monkiedje, A., Spiteller, M., Fotio, D. and Sukul, P.:** The effect of land use on soil health indicators in peri-urban agriculture in the humid forest zone of Southern Cameroon. *Journal of Environmental Quality*, 35, 2402-2409, 2006.
- Morillo, E., Undabeytia, T., Maqueda, C. and Ramos, A.:** Glyphosate adsorption on soils of different characteristics. Influenc of copper addition. *Chemosphere*, 40, 103-107, 2000.
- Murphy, J. and Riley, J. P.:** A modified single soilution method for the determination of phosphate in water. *Analytica Chimica Acta*, 27, 31-36, 1962.

Obojska, A., Lejczak, B. and Kubrak, M.: Degradation of phosphanates by streptomycete isolates. *Applied Microbiology Biotechnology*, 53, 872-876, 1999.

Panettieri, M., Lazaro, R., López-Garrido, R., Murillo, J.M., Madejón, E.: Glyphosate effect on soil biochemical properties under conservation tillage. *Soil and Tillage Research*, 133, 16-24, 2013.

Partoazar, M., Hoodaj, M., Tahmoutespoour, A.: The effect of glyphosate application on soil microbial activities in agricultural land. *African Journal of Biotechnology*, 10, 19419-19424.

Ratcliff, A.W., Busse, M.D. and Shestac, C.J.: Changes in microbial community structure following herbicide (glyphosate) additions to forest soils. *Applied Soil Ecology*, 34, 114-124, 2006.

Šantrić Lj., Radivojević Lj., Stanković-Kalezić R., Đorđević S.: Uticaj glifosata na mikrobiološku aktivnost černozema. *Acta herbologica*, 14, 33-39, 2005.

Tabatabai, M. A.: Soil enzymes. In: *Method of soil analysis, Part 2: Chemical and microbiological properties*, (ed. Page, L. A.), American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA, 903-943, 1982.

Tejada, M.: Evolution of soil biological properties after addition of glyphosate, diflufenican and glyphosate+diflufenican herbicides. *Chemosphere*, 76, 365-373, 2009.

Vinther, F.P., Brinch, U.C., Elsgaard, L., Fredslund, L., Iversen, B.V., Torp, S. Jacobsen, C.S.: Field-scale variation in microbial activity and soil properties in relation to mineralization and sorption of pesticides in a sandy soil. *Journal Environmental Quality*, 1710-1718, 2008.

Zabaloy, M.C., Garland, L.J. and Gomez, A.M.: An integrated approach to evaluate the impacts of the herbicides glyphosate, 2,4-D and metsulfuron-methyl on soil microbial communities in the Pampas region, Argentina. *Applied Soil Ecology*, 40, 1-12, 2008.

Changes in microbiological activity in soil after glyphosate treatment

SUMMARY

The effects of the herbicide glyphosate on the abundance of bacteria and actinomycetes, activity of enzyme β -glucosidase and microbial phosphorus biomass were examined. A laboratory bioassay set up on two types of soils differing in physicochemical properties (loam and sandy loam). The following concentrations were tested: 32.6, 65.2, 326.0 and 3260.0 mg a.i. kg^{-1} of soil. Samples were collected 3, 7, 14, 30 and 45 days after treatment with glyphosate. The acquired data indicated that the effect of glyphosate on microbial activity of the soils depended on its application rate, duration of activity and type of soil, and the effect was either stimulating or inhibiting. However, the detected changes were found to be transient, indicating that there is no real risk of the compound disrupting the balance of biochemical processes in soil.

Keywords: Glyphosate, soil, bacteria, actinomycetes, β -glucosidase, phosphorus biomass