

MACIEJ PŁATKOWSKI, ARKADIUSZ TELESIŃSKI

Katedra Fizjologii Roślin i Biochemii  
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

## **PORÓWNANIE ODDZIAŁYWANIA GLIFOSATU I PREPARATÓW ROUNDUP NA AKTYWNOŚĆ PIROFOSFATAZY NIEORGANICZNEJ I ZAWARTOŚĆ FOSFORU PRZYSWAJALNEGO W GLINIE LEKKIEJ**

COMPARISON OF GLYPHOSATE AND ROUNDUP PREPARATIONS  
INFLUENCE ON INORGANIC PYROPHOSPHATASE ACTIVITY  
AND AVAILABLE PHOSPHORUS CONTENT IN SANDY LOAM

**Streszczenie.** Celem podjętych badań było porównanie oddziaływania glifosatu oraz dwóch form jego preparatów: Roundupu 360 SL (zawierającego sól izopropylaminową glifosatu i surfaktant – polietoksylowaną tallowaminę) oraz Roundupu TransEnergy 450 SL (zawierającego sól potasową glifosatu oraz surfaktant – polietoksylowaną eteroaminę) na aktywność pirofosfatazy nieorganicznej oraz zawartość fosforu przyswajalnego w glebie. Doświadczenie wykonano na glinie lekkiej o zawartości węgla organicznego  $10,9 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Ilość wprowadzonego glifosatu oraz jego soli wynosiła: 0 (kontrola), 1, 10,  $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Wilgotność próbek doprowadzono do 60% maksymalnej pojemności wodnej i inkubowano w temperaturze  $20^\circ\text{C}$ . W 1., 7., 14., 28. oraz 56. dniu doświadczenia oznaczono zawartość fosforu przyswajalnego i aktywność pirofosfatazy nieorganicznej w glinie lekkiej. Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że oddziaływanie glifosatu na zawartość fosforu przyswajalnego oraz na aktywność pirofosfatazy nieorganicznej w glinie lekkiej było zróżnicowane i zależało zarówno od formy glifosatu oraz jego dawki, jak i od dnia pomiaru. Największe zmiany oznaczanych parametrów stwierdzono po aplikacji preparatu Roundup 360 SL, zawierającego sól izopropylaminową glifosatu oraz polietoksylowaną tallowaminę. Po aplikacji tego preparatu wykazano statystycznie istotnie dodatnią korelację pomiędzy aktywnością pirofosfatazy nieorganicznej a zawartością fosforu przyswajalnego w glebie.

**Słowa kluczowe:** gleba glifosat, pirofosfataza nieorganiczna, fosfor, Roundup

## Wstęp

Zawartość fosforu w glebie jest jednym z czynników ograniczających wzrost i rozwój roślin uprawnych (Jakubus, 2015). Rośliny mają zdolność asymilowania tego pierwiastka jedynie w formie anionów nieorganicznych, dlatego też konieczna jest hydroliza jego połączeń organicznych (Wang i in., 2011). Ilość organicznego fosforu w wierzchnich warstwach gleb zawiera się w szerokich granicach: od 20% do ponad 80% ogólnej zawartości fosforu (Turner i Haygarth, 2005). Hydrolizę estrów i bezwodników kwasu ortofosforowego katalizuje szeroka grupa enzymów, nazywanych fosfatazami (Nannipieri i in., 2011). Do najczęściej badanych fosfataz należą fosfomonoesterazy (katalizujące hydrolizę organicznych monoestrów fosforanowych) (Wang i in., 2011). Oprócz tych enzymów w glebie występują fosfodiesterazy i fosfortriesterazy (katalizujące hydrolizę odpowiednio diestrów i triestrów fosforanowych), a także nieroganiczna pirofosfataza (która katalizuje rozkład pirofosforanu do ortofosforanów) (Reitzel i Turner, 2014).

Na aktywność fosfataz glebowych wpływa szereg czynników, takich jak rodzaj uprawy roli, zabiegi agrotechniczne czy używanie środków ochrony roślin (Zhang i in., 2010). Jednym z najczęściej stosowanych środków chwastobójczych jest glifosat (N-(fosfonometylo)-glicyna), będący substancją aktywną preparatów Roundup (Płatkowski i Telesiński, 2015b). Zhang i in. (2015) podają, że glifosat w glebie bardzo łatwo ulega mikrobiologicznemu rozkładowi do tlenku węgla (IV) i kwasu aminometylofosfonowego, który sorbuje się na cząstkach gleby, przez co nie przemieszcza się w głąb profilu glebowego. Według danych literaturowych czas połowicznego zanikania glifosatu w glebie wynosi od kilku dni do kilku miesięcy (Duke i Powles, 2008; Kools i in., 2005). Wykazano ponadto, że ze względu na obecność w cząsteczce glifosatu reszty kwasu fosfonowego w środowisku glebowym łatwo wiąże się on z minerałami ilastymi i uwodnionymi tlenkami, a także może oddziaływać na metabolizm związków fosforowych w glebie (Haney i in., 2000; Płatkowski i Telesiński, 2015b).

Wykonane przez Kwiatkowską i in. (2013) badania wykazały, że ekotoksyczność preparatów pestycydowych, takich jak np. Roundup, jest 17–32 razy większa niż czystego glifosatu. Główną przyczyną tego zjawiska są związki powierzchniowo czynne (Pieniążek i in., 2003).

Celem podjętych badań było porównanie oddziaływania glifosatu oraz preparatów Roundup 360 SL i Roundup TransEnergy 450 SL na aktywność pirofosfatazy nieorganicznej (IPP) oraz zawartość fosforu przyswajalnego ( $P_{E-R}$ ) w glebie.

## Material i metody

Doświadczenie wykonano w warunkach laboratoryjnych w trzech powtórzeniach na próbkach glebowych pobranych z poziomu akumulacyjno-próchniczego czarnych ziem Równiny Gumienieckiej (woj. zachodniopomorskie). Gleba ta ma skład granulometryczny gliny lekkiej i zawiera węgiel organiczny w ilości  $10,9 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Pobraną glebę przesiano przez sito o średnicy oczek 2 mm i podzielono na naważki o masie 0,5 kg.

Do części ziemistych wprowadzono wodne roztwory glifosatu (wzorzec analityczny, prod. Sigma-Aldrich) oraz preparatów produkowanych przez firmę Monsanto: Roundup

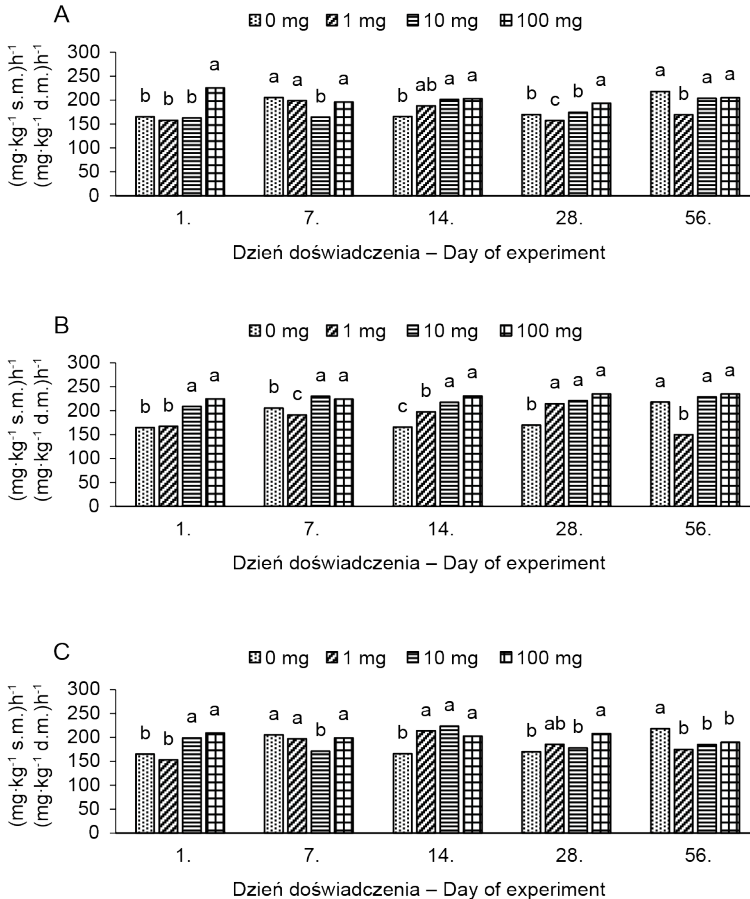
360 SL (zawartość glifosatu w postaci soli izopropylaminowej –  $360 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ ); i Roundup TransEnergy 450 SL (zawartość glifosatu w postaci soli potasowej –  $450 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ ). Ilość wprowadzonego glifosatu w każdym przypadku wynosiła 0 (kontrola), 1, 10, 100  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Wilgotność próbek doprowadzono do 60% maksymalnej pojemności wodnej i inkubowano w temperaturze  $20^\circ\text{C}$ .

W 1., 7., 14., 28. oraz 56. dniu doświadczenia oznaczono spektrofotometrycznie aktywność pirofosfatazy nieorganicznej (EC 3.1.6.1), metodą Dicka i Tabatabai (1978) oraz zawartość fosforu przyswajalnego metodą Egnera-Riehma (Mocek i Drzymała, 2010). Do oznaczeń wykorzystano spektrofotometr UV-1800 firmy Shimadzu.

Wszystkie analizy wykonano w trzech powtórzeniach. Uzyskane wyniki aktywności pirofosfatazy nieorganicznej i fosforu przyswajalnego opracowano statystycznie za pomocą jednoczynnikowej analizy wariancji ANOVA. Najmniejsze istotne różnice (NIR) obliczono za pomocą testu Tukeya. Przyjęto poziom istotności  $p < 0,05$ . Analizy wykonano niezależnie dla każdego dnia pomiaru oraz formy wprowadzonego glifosatu. Do analiz statystycznych wykorzystano oprogramowanie Statistica 10.0.

## Wyniki i dyskusja

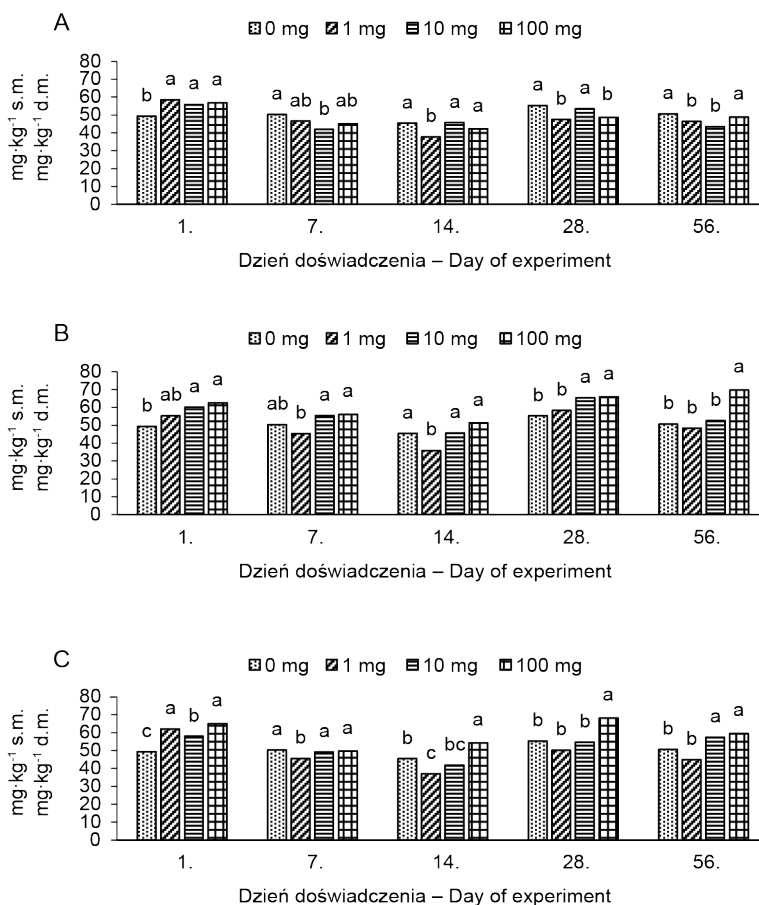
Wprowadzenie do gleby glifosatu oraz jego preparatów spowodowało istotne zmiany aktywności IPP. W glebie z dodatkiem glifosatu w dawce  $1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  odnotowano istotną statystycznie inhibicję aktywności tego enzymu w 28. i 56. dniu doświadczenia. W stosunku do gleby kontrolnej kształtowała się ona odpowiednio na poziomie 7,3 oraz 22,3%. Istotnie statystycznie zmniejszenie aktywności IPP wykazano ponadto w 7. dniu doświadczenia po aplikacji herbicydu w dawce  $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  (o 20,0%). Wzrost aktywności oznaczanego enzymu wykazano w glebie zawierającej glifosatu w ilości  $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  w 14. dniu doświadczenia (o 21,3%), a także  $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  w 1. (o 36,5%), 14. (o 22,6%) i 28. (o 13,9%) dniu doświadczenia (rys. 1A). Aplikacja soli izopropylaminowej glifosatu (zawartej w preparacie Roundup 360 SL) spowodowała w trakcie trwania doświadczenia przede wszystkim istotną statystycznie stymulację aktywności IPP w glebie. Aktywność enzymu była większa w porównaniu z glebą kontrolną po wprowadzeniu dawki  $1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  – o 19,2 i 26,3% (w 14. i 28. dniu doświadczenia), po wprowadzeniu dawki  $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  – o 11,9–31,3%, a po wprowadzeniu dawki  $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  – o 9,0–39,2% (przy obu stężeniach od 1. do 28. dnia doświadczenia). Inhibicję aktywności oznaczanego enzymu o 31,3% stwierdzono jedynie po 56 dniach od wprowadzenia soli izopropylaminowej glifosatu w ilości  $1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  (rys. 1B). W glebie z dodatkiem soli potasowej glifosatu (zawartej w preparacie Roundup TransEnergy 450 SL) odnotowano istotną statystycznie stymulację aktywności IPP po wprowadzeniu dawki  $1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  w 28. dniu doświadczenia (o 28,9%), po wprowadzeniu dawki  $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  w 1. i 14. dniu doświadczenia (o 20,7 i 34,9%) oraz  $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  w 1., 14. i 28. dniu doświadczenia (o 22,2–26,7%). Zmniejszenie aktywności oznaczanego enzymu o 17,9% w stosunku do gleby kontrolnej wystąpiło w 7. dniu doświadczenia w glebie zawierającej sól potasową glifosatu w ilości  $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  oraz o 13,1–19,8% w 56. dniu doświadczenia w glebie z dodatkiem wszystkich stężeń soli potasowej glifosatu (rys. 1C).



Rys. 1. Aktywność pirofosfatazy nieorganicznej w glebie z dodatkiem glifosatu (A) oraz preparatów Roundup 360 SL (B) i Roundup TransEnergy 450 SL (C). Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie statystycznie przy  $p < 0,05$

Fig. 1. Inorganic pyrophosphatase activity in soil treated with glyphosate (A) and formulations Roundup 360 SL (B) and Roundup TransEnergy 450 SL (C). Means denoted with the same letters do not differ statistically significantly at  $p < 0.05$

Wprowadzenie do gleby glifosatu we wszystkich dawkach spowodowało w 1. dniu doświadczenia istotny statystycznie wzrost zawartości  $P_{E-R}$ . W kolejnych terminach pomiarów nie stwierdzono istotnego wpływu herbicydu na zawartość oznaczanego składnika. Po aplikacji kolejnych dawek glifosatu spadek zawartości  $P_{E-R}$  uwidocznił się w największym stopniu w 14. ( $1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  – o 16,7%), 7. ( $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  – o 16,6%), i 28. ( $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  – o 11,9%) dniu doświadczenia (rys. 2A). Po dodaniu soli izopropylaminy glifosatu (zawartej w preparacie Roundup 360 SL) w dawce  $1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  istotną



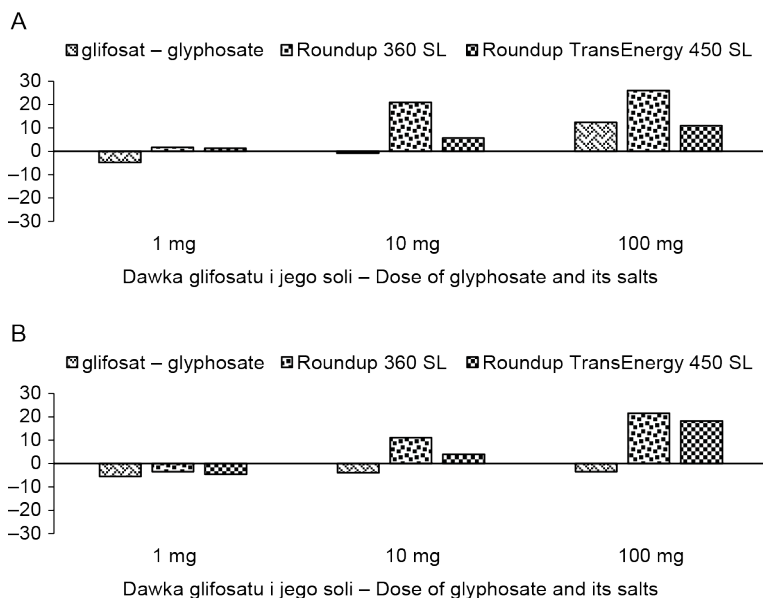
Rys. 2. Zawartość fosforu przyswajalnego w glebie z dodatkiem glifosatu (A) oraz preparatów Roundup 360 SL (B) i Roundup TransEnergy 450 SL (C). Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie statystycznie przy  $p < 0,05$

Fig. 2. Available phosphorus content in soil treated with glyphosate (A) and formulations Roundup 360 SL (B) and Roundup TransEnergy 450 SL (C). Means denoted with the same letters do not differ statistically significantly at  $p < 0.05$

statystycznie zmianę zawartości fosforu przyswajalnego stwierdzono jedynie w 14. dniu doświadczenia (spadek w stosunku do kontroli o 20,9%). W glebie z dodatkiem tej formy glifosatu w ilościach 10 i 100  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  wykazano wzrost zawartości  $\text{P}_{\text{E-R}}$  w 1. i 28. dniu doświadczenia, odpowiednio o 21,9 i 18,4% dla dawki 10  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  oraz o 26,7 i 19,3% dla dawki 100  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . W glebie z największą ilością soli izopropylaminowej glifosatu stymulacja ta utrzymała się jeszcze w 56. dniu doświadczenia (rys. 2B). Podobnie jak w przypadku glifosatu, dodatek jego soli potasowej (zawartej w preparacie

Roundup TransEnergy 450 SL) we wszystkich dawkach spowodował w 1. dniu doświadczenia wzrost zawartości  $P_{E-R}$  o 17,5–32,0%. Wzrost zawartości tego składnika wystąpił jeszcze w 56. dniu doświadczenia w glebie, do której wprowadzono sól potasową glifosatu w dawce 10  $mg \cdot kg^{-1}$  w 14., 28. i 56. dniu doświadczenia w glebie, do której wprowadzono sól potasową w dawce 100  $mg \cdot kg^{-1}$  (19,5–23,2%). Istotny statystycznie spadek zawartości  $P_{E-R}$ , odpowiednio o 9,4 i 18,6%, odnotowano jedynie po 7 i 14 dniach od aplikacji soli izopropylowej glifosatu (rys. 2C).

Analizując średnie procentowe zmiany aktywności IPP oraz zawartości  $P_{E-R}$  w stosunku do gleby kontrolnej, stwierdzono, że aplikacja glifosatu oraz jego soli w dawce 1  $mg \cdot kg^{-1}$  spowodowała niewielkie zmiany tych parametrów. Po wprowadzeniu glifosatu w ilości 10  $mg \cdot kg^{-1}$  również nie odnotowano większego jego wpływu, natomiast dodatek 100  $mg \cdot kg^{-1}$  wywołał wzrost średniej aktywności IPP o 12,5%. W glebie zawierającej sól izopropylaminową i potasową glifosatu w ilościach 10 i 100  $mg \cdot kg^{-1}$  odnotowano wzrost oznaczanych parametrów, sięgający 26,1% (rys. 3A-B).



Rys. 3. Średnie procentowe zmiany aktywności pirofosfatazy nieorganicznej (A) i zawartości fosforu przyswajalnego (B) w glebie w stosunku do kontroli  
Fig. 3. Mean percentage changes of inorganic pyrophosphatase activity (A) and available phosphorus content (B) in soil compared to control

Otrzymane wyniki badań wskazują, że wpływ glifosatu na zawartość fosforu przyswajalnego oraz aktywność pirofosfatazy nieorganicznej w glinie lekkiej był zróżnicowany i zależał zarówno od formy glifosatu oraz jego dawki, jak i od dnia pomiaru. Podobną tendencję wykazano, badając oddziaływanie glifosatu na zawartość  $P_{E-R}$  i aktywność enzymów biorących udział w przemianach związków fosforu w piasku gliniastym

(Plątkowski i Telesiński 2015a, 2015b). Wykonane dotychczas badania wskazują zarówno na brak zmian aktywności fosfatyz glebowych pod wpływem glifosatu (Cherni i in., 2015; Nakatani i in., 2014), jak i na ich stymulację (Floch i in., 2011; Ying i in., 2011) czy inhibicję (Sannino i Gianfreda, 2001). Zmiany aktywności enzymów biorących udział w przemianach związków fosforu w glebie są spowodowane obecnością w cząsteczce glifosatu grupy fosfonowej (Haney i in., 2000). Największe zmiany oznaczonych parametrów stwierdzono po aplikacji preparatu Roundup 360 SL, zawierającego sól izopropylaminową glifosatu, która charakteryzuje się najlepszą wśród badanych form tego związku rozpuszczalnością. Ponadto w skład herbicydu Roundup 360 SL wchodzi polietoksylowana tallowamina. Badania, które wykonali: Howe i in. (2004), Moore i in. (2012), Sihtmäe i in. (2013), Uren-Webster i in. (2014) wykazały, że surfaktant ten zwiększa ekotoksyczność preparatów zawierających glifosat.

Interesujące jest, iż jedynie w glebie z dodatkiem Roundupu 360 SL wykazano istotną dodatnią korelację pomiędzy zawartością fosforu przyswajalnego a aktywnością pirofosfatazy nieorganicznej (tab. 1). Reitzel i Turner (2014) wykazali, że aktywność pirofosfatazy nieorganicznej w glebie jest istotnie dodatnio skorelowana z zawartością fosforu mikrobiologicznego. Nie stwierdzili jednak istotnej zależności pomiędzy aktywnością IPP a zawartością w glebie pirofosforanu. Występująca w przedstawionych badaniach własnych dodatnia korelacja pomiędzy aktywnością IPP a zawartością  $P_{E-R}$  w glebie z dodatkiem herbicydu Roundup 360 SL może być spowodowana zaburzeniami w przemianach fosforu mikrobiologicznego w glebie.

Tabela 1. Współczynniki korelacji pomiędzy aktywnością pirofosfatazy nieorganicznej a zawartością fosforu przyswajalnego w glebie w zależności od wprowadzonej formy glifosatu

Table 1. Correlation coefficients between inorganic pyrophosphatase activity and available phosphorus content in soil treated with different forms of glyphosate

Glifosat – Glyphosate	Roundup 360 SL	Roundup TransEnergy 450 SL
-0,12	0,58*	-0,11

\*Współczynniki korelacji istotne na poziomie 0,05.

\*Significant correlation coefficients at the level of 0.05.

## Wnioski

1. Oddziaływanie glifosatu na zawartość fosforu przyswajalnego oraz aktywność pirofosfatazy nieorganicznej w glinie lekkiej było zróżnicowane i zależało zarówno od formy glifosatu oraz jego dawki, jak i od dnia pomiaru.

2. Największe zmiany oznaczonych parametrów stwierdzono po aplikacji preparatu Roundup 360 SL, zawierającego sól izopropylaminową glifosatu oraz polietoksylowaną tallowaminę.

3. Jedynie po aplikacji preparatu Roundup 360 SL wykazano istotną statystycznie dodatnią korelację pomiędzy aktywnością pirofosfatazy nieorganicznej a zawartością fosforu przyswajalnego w glebie.

## Literatura

- Cherni, A.E., Trabelsi, D., Chebil, S., Barchoumi, F., Rodriguez-Llorente, I.D., Zribi, K. (2015). Effect of glyphosate on enzymatic activities, Rhizobiaceae and total bacteria; communities in an agricultural Tunisian soil. *Water Air Soil Pollut.*, 226, 145–155.
- Dick, W.A., Tabatabai, M.A. (1978). Inorganic pyrophosphatase activity of soils. *Soil Biol. Biochem.*, 10, 1, 59–65.
- Duke, S.O., Powles, S.B. (2008). Glyphosate: a once-in-a-century herbicide. *Pest. Manage. Sci.*, 64, 319–325.
- Floch, C., Chevremont, A.C., Oanico, K., Capowiez, Y., Criuet, S. (2011). Indicators of pesticide contamination: soil enzyme compared to functional diversity of bacterial communities via Biolo® Ecoplates. *Eur. J. Soil Biol.*, 4, 4, 256–263.
- Haney, R. L., Senseman, S. A., Hons, M. F., Zuberer, D. A. (2000). Effect of glyphosate on soil microbial activity and biomass. *Weed Sci.*, 48, 89–93.
- Howe, C. M., Bernill, M., Pauli, B. D., Helbing, C. C., Werry, K., Veldhoen, N. (2004). Toxicity of glyphosate-based pesticides to four North American frog species. *Environ. Toxicol. Chem.*, 23, 1928–1938.
- Jakubus, M. (2015). Phosphorus forms in some grassland soils in Wielkopolska region: characterisation and availability for plants. *Nauka Przyr. Technol.*, 9, 2, #16.
- Kools, S. A. E., van Roover, M., van Gestel, C. A. M., van Straalen, N. M. (2005). Glyphosate degradation as a soil health indicator for heavy metal polluted soils. *Soil Biol. Biochem.*, 37, 7, 1303–1307.
- Kwiatkowska, M., Jarosiewicz, P., Bukowska, B. (2013). Glifosat i jego preparaty – toksyczność, narażenie zawodowe i środowiskowe. *Med. Pr.*, 64, 5, 717–729.
- Mocek, A., Drzymała, S. (2010). *Geneza, analiza i klasyfikacja gleb*. Poznań: Wyd. UP.
- Moore, L. J., Fuentes, L., Rodgers Jr., J. H., Bowerman, W. W., Yarrow, G. K., Chao, W. Y., Bridges Jr., W. C. (2012). Relative toxicity of the components of the original formulation of Roundup to five North American anurans. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 78, 128–133.
- Nakatani, A. S., Fernandes, M. F., de Souza, R. A., da Silva, A. P., dos Reis-Junior, F. B., Mendes, I. C., Hungria, M. (2014). Effects of the glyphosate-resistance gene and of herbicides applied to the soybean crop on soil microbial biomass and enzymes. *Field Crops Res.*, 62, 20–29.
- Nannipieri, P., Giagnoni, L., Landi, L. (2011). Role of phosphatase enzymes in soil. W: E. K. Bunemann, A. Oberson, E. Frossard (red.), *Phosphorus in action* (s. 215–243). Berlin: Springer.
- Pieniążek, D., Bukowska, B., Duda, W. (2003). Glifosat – nietoksyczny pestycyd? *Med. Pr.*, 54, 6, 579–583.
- Plątkowski, M., Telesiński, A. (2015a). Effect of different glyphosate salts on phosphodiesterase and phosphotriesterase activities in soil with the reference to ecological importance of soil pollution. A laboratory experiment. *Environ. Prot. Natur. Resour.*, 26, 2, 9–14.
- Plątkowski, M., Telesiński, A. (2015b). Ocena oddziaływania glifosatu na aktywność wybranych enzymów biorących udział w przemianach związków fosforu w glebie lekkiej. *Woda Środ. Obsz. Wiej.*, 15, 1, 49, 79–89.
- Reitzel, K., Turner, B. L. (2014). Quantification of pyrophosphate in soil solution by pyrophosphatase hydrolysis. *Soil Biol. Biochem.*, 74, 95–97.
- Sannino, F., Gianfreda, L. (2001). Pesticide influence on soil enzymatic activities. *Chemosphere*, 45, 417–425.
- Sihmää, M., Blinova, I., Künnis-Beres, K., Kanarbik, L., Heinlaan, M., Kahtu, A. (2013). Ecotoxicological effects of different glyphosate formulations. *Appl. Soil Ecol.*, 72, 215–224.



Platkowski, M., Telesiński, A. (2016). Porównanie oddziaływania glifosatu i preparatów Roundup na aktywność pirofosfatazy nieorganicznej i zawartość fosforu przyswajalnego w glinie lekkiej. *Nauka Przyr. Technol.*, 10, 1, #13. DOI: 10.17306/J.NPT.2016.1.13

---

- Turner, B. L., Haygarth, P. M. (2005). Phosphatase activity in temperate pasture soils: potential regulation of labile organic phosphorus turnover by phosphodiesterase activity. *Sci. Total Environ.*, 344, 27–36.
- Uren-Webster, T. M., Laing, L. V., Florance, H., Santos, E. M. (2014). Effect of the glyphosate and its formulations, Roundup, on reproduction in zebrafish (*Danio rerio*). *Environ. Sci. Technol.*, 48, 1271–1279.
- Wang, F., Sims, J. T., Ma, L., Ma, W., Dou, Z., Zhang, F. (2011). The phosphorus footprint of China's food chain: implications for food security, natural resource management, and environmental quality. *J. Environ. Qual.*, 40, 4, 1081–1089.
- Ying, Y., Haijun, Z., Qixing, Z. (2011). Using soil available P and activities of soil dehydrogenase and phosphatase as indicators for biodegradation of organophosphorus pesticide methamidophos and glyphosate. *Soil Sediment Contam.*, 20, 688–701.
- Zhang, C., Feng, L., He, T.T., Yang, C.H., Chen, C.Q., Tian, X.S. (2015). Investigating the mechanisms of glyphosate resistance in goosegrass (*Eleusine indica*) population from South China. *J. Integr. Agric.*, 14, 5, 909–918.
- Zhang, F., Shen, J., Zhang, J., Zuo, Y., Li, L., Chen, X. (2010). Rhizosphere processes and management for improving nutrient use efficiency and crop productivity: implications for China. *Adv. Agron.*, 107, 1–32.

## COMPARISON OF GLYPHOSATE AND ROUNDUP PREPARATIONS INFLUENCE ON INORGANIC PYROPHOSPHATASE ACTIVITY AND AVAILABLE PHOSPHORUS CONTENT IN SANDY LOAM

**Summary.** The aim of the study was to compare the effect of glyphosate and its formulations: Roundup 360 SL (containing isopropylamine salt of glyphosate and polyethoxylated tallow amine) and Roundup TransEnergy 450 SL (containing potassium salt of glyphosate and polyethoxylated ether amine) on inorganic pyrophosphatase activity and available phosphorus content in soil. The experiment was carried out on loamy sand with organic carbon content 10.9 g·kg<sup>-1</sup>. Glyphosate and its salts amounts added to soil were: 0 (control), 1, 10, 100 mg·kg<sup>-1</sup>. Samples were adjusted to 60% maximum water capacity and they were incubated in temperature 20°C. Inorganic pyrophosphatase and available phosphorus content were measured on days 1, 7, 14, 28 and 56. The obtained results show that the observed effect of glyphosate and its formulations depended on the dosage and day of experiment. The largest changes of the measured parameters were observed after application of Roundup 360 SL – formulation containing glyphosate isopropylamine salt and polyethoxylated tallow amine. The positive statistically significant correlation between inorganic pyrophosphatase activity and available phosphorus content was reported only in soil treated with Roundup 360 SL.

**Key words:** soil, glyphosate, inorganic pyrophosphatase, phosphorus, Roundup

Platkowski, M., Telesiński, A. (2016). Porównanie oddziaływania glifosatu i preparatów Roundup na aktywność pirofosfatazy nieorganicznej i zawartość fosforu przyswajalnego w glinie lekkiej. *Nauka Przym. Technol.*, 10, 1, #13. DOI: 10.17306/J.NPT.2016.1.13

---

*Adres do korespondencji – Corresponding address:*

Maciej Platkowski, Katedra Fizjologii Roślin i Biochemii, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, ul. Słowackiego 17, 71-434 Szczecin, Poland, e-mail: maciej.platkowski@zut.edu.pl

*Zaakceptowano do opublikowania – Accepted for publication:*

4.02.2016

*Do cytowania – For citation:*

Platkowski, M., Telesiński, A. (2016). Porównanie oddziaływania glifosatu i preparatów Roundup na aktywność pirofosfatazy nieorganicznej i zawartość fosforu przyswajalnego w glinie lekkiej. *Nauka Przym. Technol.*, 10, 1, #13. DOI: 10.17306/J.NPT.2016.1.13