

Mariusz DUDZIAK¹ i Dominika KOPAŃSKA²

OCENA FITOKSYCZNOŚCI WYBRANYCH GRUNTÓW NASYPOWYCH

PHYTOTOXICOLOGICAL ASSESSMENT OF SELECTED MADE GROUNDS

Abstrakt: Oceniono fitotoksyczność wybranych gruntów nasypowych o przekroczonym standardzie metali ciężkich pochodzących z obszarów województwa śląskiego. Badano zarówno stopień kiełkowania nasion, jak i inhibicję wzrostu korzeni rzeżuchy (*Lepidium sativum*). Oceny dokonano metodą pośrednią, wykorzystując fazę ciekłą po ekstrakcji wodnej badanych próbek stałych. Stwierdzono, że zarówno stopień kiełkowania nasion, jak i inhibicja wzrostu korzeni rzeżuchy zależała od rodzaju analizowanego gruntu nasypowego. Z kolei wrażliwość nasion i korzeni rzeżuchy na badane próbki ekstraktów z gruntów nasypowych była również zróżnicowana. Na obserwowane zależności mogło mieć wpływ zanieczyszczenie próbki przez metale ciężkie. Uzyskane wyniki analiz porównano do wcześniejszych, w których zastosowano test bakteryjny z *Aliivibrio fischeri* (test Microtox[®]) w celu porównawczej oceny wpływu gruntów nasypowych zawierających żużle pohutnicze na różne organizmy wskaźnikowe.

Słowa kluczowe: grunty nasypowe, fitotoksyczność, metale ciężkie

Wprowadzenie

Grunty nasypowe stanowią antropogeniczną warstwę przypowierzchniową, często dochodzącą do kilku, a w obrębie miast oraz terenów uprzemysłowionych nawet kilkunastu metrów miąższości [1]. Grunty nasypowe występujące na terenie województwa śląskiego w znaczącej liczbie przypadków zawierają mieszankę żużli pohutniczych, gruzu i innych elementów budowlanych wraz z gruntami naturalnymi (głównie piaskami lub glinami przemieszczonymi z innymi terenów). To właśnie ten rodzaj nasypów (zawierających żużle po hutnictwie cynku i ołowiu) wykazuje w składzie chemicznym największe przekroczenia standardów jakości ziemi dla cynku (Zn) i ołowiu (Pb), często też przekroczone jest bar (Ba) i arsen (As), a niekiedy cyna (Sn) i miedź (Cu). Natomiast rzadziej przekroczone są dopuszczalne stężenia kadmu (Cd), chromu (Cr) i niklu (Ni). W profilach geologicznych o przekroczonym standardzie metali w warstwie nasypowej nie zaobserwowano przekroczeń w warstwach bezpośrednio zalegających pod nasypem, niezależnie od stopnia ich wodoprzepuszczalności, co pozwala sugerować brak zauważalnej migracji metali z nasypu zawierającego żużle pohutnicze [2]. Nie bez znaczenia jest tutaj forma występowania metali, jak również odczyn środowiska oraz często obecność minerałów o właściwościach neutralizujących, które to wpływają na ograniczenie migracji metali z żużli występujących w nasypach. W takich gruntach rzadko odnotowuje się przekroczenia standardów jakości innych zanieczyszczeń, pochodzących ze składników budujących nasyp. Obserwowane w gruntach nasypowych przekroczenia standardów w zakresie takich składników, jak oleje, benzyny, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA),

¹ Instytut Inżynierii Wody i Ścieków, Politechnika Śląska, ul. S. Konarskiego 18, 44-100 Gliwice, tel. 32 237 16 98, fax 32 237 10 47, email: mariusz.dudziak@polsl.pl

² Przedsiębiorstwo Badań i Ekspertyz Środowiska „SEPO” sp. z o.o., ul. Dworcowa 47, 44-190 Knurów, tel. 32 236 03 16, fax 32 335 21 51, email: d.kopanska@interia.eu

*Praca była prezentowana podczas konferencji ECOpole'15, Jarnołtówek, 14-16.10.2015

substancje z grupy BETX (benzen, toluen, etylobenzen oraz ksyleny), pochodzą raczej z zanieczyszczenia tego gruntu *in situ*, już po jego zdeponowaniu (niwelacji) na danym terenie [3-6].

We wcześniejszych badaniach [4] określono, że wybrane grunty nasypowe wykazują toksyczność wobec morskich bakterii bioluminescencyjnych *Aliivibrio fischeri* powodowaną m.in. zanieczyszczeniem próbek przez metale ciężkie. Badania przeprowadzono z użyciem testu Microtox[®]. Z kolei dokonana porównawcza analiza toksyczność gruntu nasypowego i znajdującego się pod jego powierzchnią gruntu rodzimego nie wykazała oddziaływania pomiędzy tymi warstwami. Z tego względu w ramach niniejszej pracy dokonano oceny fitotoksyczności gruntów nasypowych z wykorzystaniem dwuliściennej rzeżuchy (*Lepidium sativum*). Do badań wybrano próbki gruntów nasypowych (rys. 1) poddanych wcześniejszym analizom z użyciem testu Microtox[®] [4].



Rys. 1. Teren z gruntem nasypowym (materiał autorski)

Fig. 1. Area with made grounds (own material)

Metodyka badań i zakres analiz

Przedmiotem badań były próbki gruntów nasypowych pobranych z obszarów województwa śląskiego. Ogólna charakterystyka gruntów nasypowych została przedstawiona w tabeli 1. Badane grunty nasypowe różniły się głównie pod względem zawartości cynku i ołowiu. Oznaczenie metali zawartych w gruncie przeprowadzono metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej po wcześniejszej mineralizacji próbek.

Ogólna charakterystyka badanych gruntów nasypowych

Tabela 1

General characteristics of made grounds

Table 1

Próbka gruntu	Głębokość [m p.p.t.]	Metal	
		Cynk (Zn)	Ołów (Pb)
		Obserwowane maksymalne stężenia [mg/kg s.m.]	
1	0,6	404	4670
2	0,8	418	602
3	1,8	496	2370
4	0,8	508	4610

Toksyczność badanych gruntów oceniono na podstawie stopnia kiełkowania nasion i inhibicji wzrostu korzeni rzeżuchy (*Lepidium sativum*), tzw. test Lepidium. Oceny dokonano metodą pośrednią, wykorzystując fazę ciekłą po ekstrakcji wodnej badanych próbek stałych prowadzonej z użyciem wody zdejonizowanej. Proporcja naważki próbki gruntu nasypowego do objętości wody zdejonizowanej wynosiła 200 mg na 1 cm³. W czasie ekstrakcji próbki mieszano mechanicznie z prędkością 300 obr./min przez 10 minut z wykorzystaniem wytrząsarki firmy Labor System (Wrocław, Polska). W celu oczyszczenia ekstraktów wodnych z cząstek stałych były one sączone przez filtr 0,45 µm wykonany z octanu celulozy firmy Millipore (Warszawa, Polska). Nasiona testowano w temperaturze 20°C w szklanych szalkach Petriego pokrytych sterylną bibułą. Ilość kiełkujących nasion liczono po 24 godzinach ich kontaktu z analizowanym ekstraktem wodnym. Z kolei wrażliwość korzeni rzeżuchy badano, stosując skiełkowane wcześniej nasiona. Czas kontaktu korzeni z ekstraktem wodnym również wynosił 24 godziny. Rzeżucha jako reprezentantka roślin dwuliściennych jest bardzo często wykorzystywana w badaniach fitotoksyczności [5-7].

Efekt toksyczności określano jako procent inhibicji (*I*) według wzoru:

$$\% I = \frac{100 \cdot (E_K - E_T)}{E_K}$$

gdzie: E_K - obserwowany efekt dla próbki kontrolnej, E_T - obserwowany efekt dla próbki testowanej.

Do klasyfikacji toksyczności zastosowano powszechny system, stosowany przez wielu badaczy [8-10], oparty o wielkość obserwowanego efektu wywołanego u wykorzystanych organizmów wskaźnikowych (tab. 2).

System klasyfikacji toksyczności

Tabela 2

The classification system for toxicity

Table 2

Efekt [%]	Klasa toksyczności
< 25	nietoksyczna
25-50	niska toksyczność
50,1-75	toksyczna
75,1-100	wysoka toksyczność

Wyniki i dyskusja

W tabeli 3 przedstawiono wyniki dotyczące oceny stopnia kiełkowania nasion w obecności ekstraktów pochodzących z badanych gruntów nasypowych, natomiast na rysunku 1 zaprezentowano przebieg tego zjawiska. Najmniejszą liczbę skielkowanych nasion uzyskano w przypadku ekstraktu wodnego pochodzącego z gruntu nasypowego 1, a największą dla ekstraktu z gruntu nasypowego 2 i 3. W przypadku ekstraktu z gruntu nasypowego 4 skielkowała równo połowa nasion w porównaniu do nasion wysianych. Interpretując uzyskane wyniki w oparciu o system do klasyfikacji toksyczności, można stwierdzić, że ekstrakt pochodzący z gruntu nasypowego 2 i 3 charakteryzuje się niską toksycznością, a ekstrakt z gruntu nasypowego 4 i 1 odpowiednio niską (w górnej granicy) i wysoką toksycznością. Źródłem toksyczności badanych gruntów nasypowych może być ich zanieczyszczenie przez metale ciężkie. Można stwierdzić, że grunty nasypowe 1 i 4 charakteryzują się większym zanieczyszczeniem przez ołów niż grunty nasypowe 2 i 3 (tab. 1). Tak więc obecność tego metalu ciężkiego może mieć wpływ na toksyczność badanego gruntu nasypowego.

Tabela 3
Ocena stopnia kiełkowania nasion w obecności ekstraktu pochodzącego z gruntów nasypowych

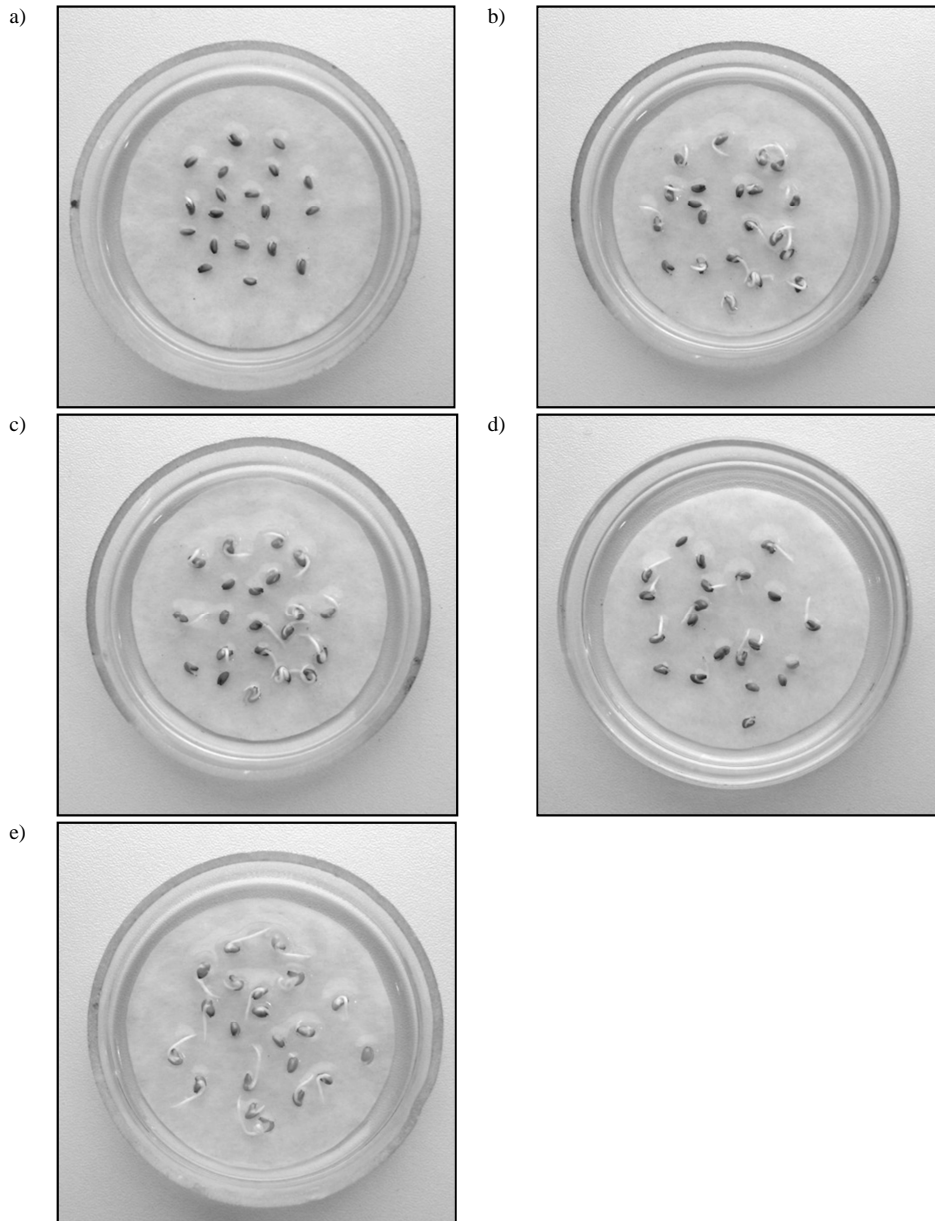
Table 3
The evaluation of the germination of seeds in the presence of an extract from made grounds

Stopień kiełkowania nasion i efekt toksyczności	Kontrola	Próbka gruntu			
		1	2	3	4
Liczba skielkowanych i wysianych nasion	18/20	1/20	15/20	16/20	10/20
Efekt toksyczności [%]	-	95	25	20	50
Klasa toksyczności	-	wysoka toksyczność	niska toksyczność	nietoksyczna	niska toksyczność

W fitotestach istotnym parametrem jest również inhibicja wzrostu korzeni w obecności badanego toksykanta. Inhibicję wzrostu korzeni rzeżuchy eksponowanej na ekstrakt pochodzący z gruntów nasypowych przedstawiono na rysunku 2.

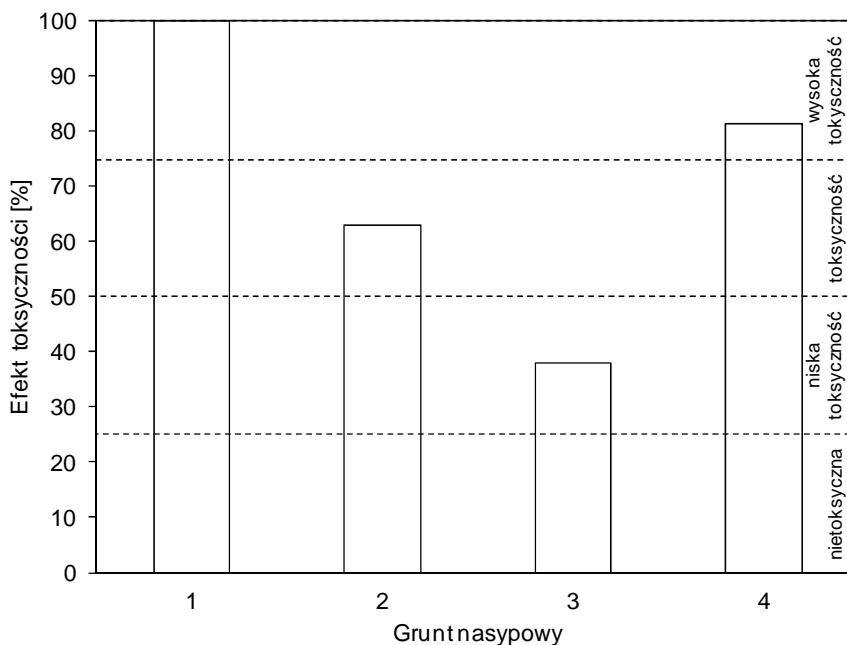
Największa inhibicja wzrostu korzeni rzeżuchy była obserwowana w obecności ekstraktu z gruntu nasypowego 1 i 4. W tym przypadku stwierdzono wysoką toksyczność badanych próbek. Z kolei w przypadku ekstraktu z gruntu nasypowego 2 i określonego efektu toksyczności można stwierdzić, że ta próbka była toksyczna. Natomiast dla ekstraktu z gruntu nasypowego 3 efekt toksyczności był znacznie mniejszy niż w przypadku ekstraktów z gruntów nasypowych 1, 2 i 3. Badana próbka charakteryzowała się niską toksycznością.

Na podstawie powyższych rezultatów można również stwierdzić, że wrażliwość nasion i korzeni rzeżuchy na badane ekstrakty wodne pochodzące z gruntów nasypowych była zróżnicowana. Obserwowany efekt toksyczny w przypadku wzrostu korzeni był większy niż w przypadku stopnia kiełkowania nasion z wyłączeniem wyników oceny dla ekstraktu z gruntu nasypowego 1. Ekstrakt z gruntu nasypowego 1 charakteryzował się wysokim efektem toksycznym bez względu na przyjęte kryterium oceny (stopień kiełkowania nasion czy też inhibicja wzrostu korzeni rzeżuchy).



Rys. 2. Kielkowanie nasion rzeżuchy ekspozowanej na ekstrakt pochodzący z gruntów nasypowych; próbki: a) nr 1, b) nr 2, c) nr 3, d) nr 4 i e) kontrola

Fig. 2. Germination of cress seeds exposed to the extract derived from made grounds; samples: a) No. 1, b) No. 2, c) No. 3, d) No. 4 and e) control



Rys. 3. Inhibicja wzrostu korzeni rzeżuchy ekspozowanej na ekstrakt pochodzący z gruntów nasypowych
 Fig. 3. Inhibition of root growth of cress exposed to the extract derived from made grounds

W pracy [7] badano przydatność wybranych technik remediacji terenów zdegradowanych działalnością przemysłu cynkowo-ołowianego. Rozpatrzono rekultywację biologiczną polegającą na dodawaniu dodatków organicznych do odpadu popłuczkowego z przerobu rud Zn-Pb w celu uzyskania optymalnych warunków wegetacji roślin. Przydatność zaproponowanych dodatków oceniano za pomocą testu z użyciem rzeżuchy. Analizowano zarówno wrażliwość wzrostu korzeni, jak i wielkość przyrostu świeżej biomasy rzeżuchy. Również w tym przypadku uzyskano zróżnicowane wartości efektu toksycznego, w zależności od tego, czy badany był wzrost korzenia czy też wielkość przyrostu świeżej biomasy rzeżuchy.

Uzyskane wyniki testu *Lepidium* dla badanych w pracy gruntów nasypowych porównano z wcześniejszymi analizami własnymi przeprowadzonymi z użyciem testu Microtox[®], wykorzystującego bakterie bioluminescencyjne *Aliivibrio fischeri* [4]. Efekt toksyczny w przypadku bakterii wykazywały ekstrakty wodne z gruntów nasypowych 2, 3 i 4, przy czym była to głównie niska toksyczność. Z kolei ekstrakt pochodzący z gruntu nasypowego 1 był dla bakterii nietoksyczny. Określono również, że efekt toksyczności był związany z obecnością w próbkach cynku (tab. 1). Dla przypomnienia, w przypadku badania zarówno stopnia kiełkowania nasion, jak i inhibicji wzrostu korzeni rzeżuchy powyższy ekstrakt charakteryzował się wysoką toksycznością. Potwierdza to, że efekt toksyczny gruntów nasypowych związany jest również z rodzajem organizmu testowego oraz jego czułością na poszczególne zanieczyszczenia znajdujące się w analizowanej próbce, w tym wybrane metale ciężkie.

Wnioski

Na podstawie wyników przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski z pracy:

- Zarówno stopień kiełkowania nasion, jak i inhibicja wzrostu korzeni rzeżuchy zależały od rodzaju analizowanego gruntu nasykowego. Na obserwowane zależności wpływ miało zanieczyszczenie próbki przez metale ciężkie, w tym głównie ołów.
- Wykazano różną wrażliwość nasion i korzeni rzeżuchy na badane próbki ekstraktów z gruntów nasykowych.
- Określony w pracy efekt toksyczny ekstraktów pochodzących z gruntów nasykowych wobec nasion i korzeni rzeżuchy różnił się od obserwowanego w przypadku bakterii bioluminescencyjnych *Aliivibrio fischeri* (określono na podstawie wcześniejszych badań przedstawionych w [4]), co wynika z wpływu poszczególnych zanieczyszczeń znajdujących się w analizowanej próbce na stosowane organizmy testowe.

Literatura

- [1] Scudiero E, Skaggs TH, Corwin DL. *Ecol Indic.* 2016;70(1):276-284. DOI: 10.1016/j.ecolind.2016.06.015.
- [2] Drągowski A. *Geologija*, 2008;50(Supplement P):62-67. DOI: 10.2478/v10056-008-0026-1.
- [3] Taghipour M, Jalali M. *J Hazard Mater.* 2015;297:127-133. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2015.04.067.
- [4] Dudziak M, Kopańska D. *ACEE.* 2015;8(3):93-97. <http://acee-journal.pl/1,7,36,Issues.html>.
- [5] Oomen AG, Hack A, Minekus M, Zeijdner E, Cornelis C, Schoeters G, et al. *Environ Sci Technol.* 2002;36(15):3326-3334. DOI: 10.1021/es010204v.
- [6] Freeman GB, Johnson JD, Liao SC, Feder PI, Davis AO, Ruby MV, et al. *Toxicology.* 1994;91(2):151-163. DOI: 10.1016/0300-483X(94)90141-4.
- [7] Janecka B, Sobik-Szołtysek J. *Inż Ochr Środ.* 2009;12(4):281-294. <https://is.pcz.pl/static/pdf/2009/zeszyt%20nr%204/T%20%2012%20nr%204%20%20Janecka.pdf>.
- [8] Ricco G, Tomei MC, Ramadori R, Laera G. *Water Res.* 2004;38(8):2103-2110. DOI: 10.1016/j.watres.2004.01.020.
- [9] Antonopoulou M, Hela D, Konstantinou I. *Sci Total Environ.* 2016;545-546(3):476-485. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2015.12.088.
- [10] Umar M, Roddick F, Fan L. *Water Res.* 2016;88(1):12-19. DOI: 10.1016/j.watres.2015.09.047.

PHYTOTOXICOLOGICAL ASSESSMENT OF SELECTED MADE GROUNDS

¹ Institute of Water and Wastewater Engineering, Silesian University of Technology, Gliwice

² Environmental Research and Expertise Company "SEPO" sp. z o.o. [Ltd.], Knurów

Abstract: The study evaluated the phytotoxicity of selected made grounds characterized by exceeded standards for the presence of heavy metals, which originated from the Silesian Voivodeship. Both the degree of germination and root growth inhibition of cress (*Lepidium sativum*) were tested. The assessment was carried out by an indirect method using the liquid phase obtained after aqueous extraction of the studied solid samples. It was found that both the degree of germination and root growth inhibition of cress depend on the type of the studied made grounds. Furthermore, the sensitivity of the seeds and roots of cress on the studied aqueous extracts of the made grounds was variable. The observed findings could have been affected by the contamination of the sample by heavy metals. The obtained results were compared with the outcomes of a previous study in which the bacterial bioassay with *Aliivibrio fischeri* (Microtox[®] test) was used for the comparative assessment of the effect of made grounds containing metallurgical slags on various indicator organisms.

Keywords: made grounds, phytotoxicity, heavy metals