



---

**prof. dr hab. inż. Krystyna Cybulska**  
**Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie**  
**Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa**  
**Zakład Chemii, Mikrobiologii i Biotechnologii Środowiska**  
ul. Słowackiego 17, 71-434 Szczecin,  
tel.: 48 91 449 64 24, tel. kom.: +48 503 123 002, e/mail: krystna.cybulska@zut.edu.pl

---



*Szczecin, dnia 4. marca 2019*

## **RECENZJA**

rozprawy doktorskiej mgr inż. Rafała Strachela, pt.

### **Przywracanie homeostazy gleby zanieczyszczonej cynkiem**

*wykonana na zlecenie Wydziału Kształtowania Środowiska i Rolnictwa  
UWM w Olsztynie*

*reprezentowanego przez Dziekana, Pana prof. dr hab. Krzysztofa Młynarczyka  
z dnia 31.01.2018r.*

Recenzja pracy doktorskiej mgr inż. Rafała Strachela pt. Przywracanie homeostazy gleby zanieczyszczonej cynkiem, której promotorem jest prof. dr hab. Jadwiga Wyszowska, promotorem pomocniczym dr inż. Małgorzata Baćmaga, została wykonana na zlecenie Dziekana Wydziału Kształtowania Środowiska i Rolnictwa Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, Pana prof. dr hab. Krzysztofa Młynarczyka, zgodnie z uchwałą Rady Wydziału z dnia 31.01.2019r

---

Rozprawę doktorską stanowi zbiór pięciu tematycznie spójnych artykułów naukowych opublikowanych w latach 2017-2018 w czasopismach z listy A, o łącznym IF = 6,77 i sumie punktów według MNiSW, zgodnie z rokiem opublikowania, równym 105 pkt. Obejmują one łącznie 63 str. tekstu, zawierają 19 tabel i 26 rycin, często złożonych z wielu wykresów.

- Strachel R., Wyszowska J., Baćmaga M. 2017. Microbiome of soil contaminated with zinc. *Journal of Elementology*, 22(3): 907-919 (*MNiSW*<sub>(2017)</sub> – 15 pkt, *IF*<sub>(2017)</sub> – 0,684).
- Strachel R., Wyszowska J., Baćmaga M. 2017. The effect of nitrogen on the microbiological and biochemical properties of zinc-contaminated soil. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 25(01): 13-22 (*MNiSW*<sub>(2017)</sub> – 20 pkt, *IF*<sub>(2017)</sub> – 1,068).
- Strachel R., Wyszowska J., Baćmaga M. 2017. The influence of nitrogen on the biological properties of soil contaminated with zinc. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 98: 426-432 (*MNiSW*<sub>(2017)</sub> – 20 pkt, *IF*<sub>(2017)</sub> – 1,480).
- Strachel R., Wyszowska J., Baćmaga M. 2017. The role of compost in stabilizing the microbiological and biochemical properties of zinc-stressed soil. *Water, Air and Soil Pollution*, 228: 349 (*MNiSW*<sub>(2017)</sub> – 25 pkt, *IF*<sub>(2017)</sub> – 1,769).
- Strachel R., Wyszowska J., Baćmaga M. 2018. An evaluation of the effectiveness of sorbents in the remediation of soil contaminated with zinc. *Water, Air and Soil Pollution*, 229: 235 (*MNiSW*<sub>(2018)</sub> – 25 pkt, *IF*<sub>(2018)</sub> – 1,769).

Dołączone podsumowanie zawiera 45 stron, 102 pozycje literatury i 8 rycin. Podzielone jest na rozdziały: SPIS TREŚCI, WYKAZ SPÓJNEGO TEMATYCZNIE ZBIORU OPUBLIKOWANYCH ARTYKUŁÓW NAUKOWYCH, OŚWIADCZENIA AUTORÓW, WSTĘP, HIPOTEZY I CEL BADAŃ, PRZEGLĄD LITERATURY, MATERIAŁ I METODY ZASTOSOWANE W SPÓJNYM TEMATYCZNIE ZBIORZE PUBLIKACJI, OPIS WYNIKÓW ZAMIESZCZONYCH W SPÓJNYM TEMATYCZNIE ZBIORZE PUBLIKACJI, DYSKUSJA WYNIKÓW, WNIOSKI, BIBLIOGRAFIA, STRESZCZENIE, ABSTRACT oraz OPUBLIKOWANE ARTYKUŁY NAUKOWE.

Skażenie gleby metalami ciężkimi jest zagrożeniem dla jej metabolizmu, aktywności biologicznej i żyzności. Dostają się one do gleby zwłaszcza w wyniku działalności człowieka, np. oddziaływania emisji przemysłowych czy transportu. Ich wpływ na drobnoustroje jest znany od dawna i opisany. Poszczególne metale ciężkie oddziałują w niejednakowym stopniu na mikroorganizmy a w dodatku poszczególne ich grupy charakteryzuje niejednakowa wrażliwość. Prowadzi to do przesunięć w składzie taksonomicznym i fizjologicznym drobnoustrojów i w związku z tym zakłóceń w przebiegu procesów metabolizmu gleby, stanowiących zagrożenie dla jej żyzności.

Ponieważ usunięcie z gleby metali ciężkich jest praktycznie niemożliwe, przywrócenie jej użyteczności można próbować osiągnąć przez zabiegi unieruchamiania lub przekształcenia do form niedostępnych dla mikroorganizmów. Ustalenie rodzaju oraz skuteczności zabiegów niezbędnych w tym celu jest problemem dużej wagi, wobec nasilonej skali i obszaru skażenia. Dlatego też podjęty temat rozprawy doktorskiej należy ocenić jako aktualny i istotny nie tylko z naukowego, ale także praktycznego punktu widzenia.

Po krótkim rozdziale WSTĘP Autor przedstawia HIPOTEZY I CEL BADAŃ swojej rozprawy doktorskiej. Na tej podstawie precyzuje cele badawcze, polegające na określeniu wpływu cynku na mikrobiom gleby i aktywność enzymów glebowych, na właściwości fizykochemiczne gleby, plon kukurydzy oraz zawartość tego metalu w roślinach a także skuteczności rekultywacji gleby przy pomocy stosowanych do niej dodatków.

PRZEGLĄD LITERATURY opracowany jest na podstawie dobrze dobranej i obszernej literatury przedmiotu, z wykorzystaniem najnowszych artykułów krajowych i zagranicznych. Zawiera omówienie rozpowszechnienia, toksyczności, znaczenia i wpływu cynku w biosferze ze szczególnym uwzględnieniem środowiska glebowego. Oprócz bardzo rozbudowanych informacji ogólnych, Autor przedstawia stan badań na temat wpływu cynku na mikroorganizmy glebowe a także podejmowane przez innych badaczy próby stosowania zabiegów rekultywacyjnych, w celu przywrócenia glebie jej aktywności biologicznej i odtworzenia żyzności.

Na podstawie przeglądu aktualnego stanu wiedzy, Autor wykazuje potrzebę badań, zwłaszcza dotyczących poszukiwania nowych substancji mogących mieć zastosowanie w rekultywacji zanieczyszczonych cynkiem gleb.

W kolejnym rozdziale MATERIAŁ I METODY ZASTOSOWANE W SPÓJNYM TEMATYCZNIE ZBIORZE PUBLIKACJI, przedstawiona jest charakterystyka gleby użytej w doświadczeniach, zastosowane dawki cynku i dodatki rekultywacyjne. Opisano metodykę

oznaczania liczebności mikroorganizmów, aktywności enzymów glebowych, właściwości fizykochemicznych gleby oraz analiz zawartości cynku. Podano sposób obliczania wskaźników aktywności gleby oraz interpretacji statystyczne wyników. Zarówno sposób założenia doświadczeń, jak i metodyki analityczne są właściwe. Są to klasyczne metody używane w mikrobiologii i biochemii gleby wykonane i opisane w sposób poprawny. Bardzo dokładny opis metodyczny zawarty jest także w publikacjach stanowiących zbiór artykułów naukowych stanowiących rozprawę doktorską.

Rozdział OPIS WYNIKÓW ZAMIESZCZONYCH W SPÓJNYM TEMATYCZNIE ZBIORZE PUBLIKACJI przedstawia najważniejsze wyniki uzyskane podczas badań i zamieszczone w zbiorze publikacji będących podstawą rozprawy doktorskiej. Wyniki te są przedstawione czytelnie i w sposób pełny. Ilustrują je ryciny, które wraz z zamieszczonymi w poszczególnych publikacjach tabelami i wykresami dają pełny obraz stwierdzonych zależności. Dodatkowo, przedstawiona jest wykonana w sposób właściwy interpretacja statystyczna.

W rozdziale DYSKUSJA WYNIKÓW Autor komentuje uzyskane wyniki na tle bogato przedstawionej literatury. Rozdział ten można uznać za poprawnie napisany.

WNIOSKI obejmują cały zakres tematyczny wykonanych badań i dobrze korespondują z postawionymi celami badawczymi.

Z obowiązku recenzenta chcę zwrócić uwagę na kilka niedociągnięć, których Autor się nie ustrzegł.

Podając charakterystykę cynku i jego właściwości Autor oparł się na opublikowanym raporcie Unii Europejskiej. Wydaje się, że właściwym źródłem byłaby tu fachowa literatura z zakresu chemii, jak np. kalendarz chemiczny czy tabele właściwości chemicznych pierwiastków.

Chyba tylko raz czy dwa Autor używa w tekście poprawnego określenia „enzymy glebo-  
we” najczęściej pisze tylko „enzymy”, co jest określeniem nieprecyzyjnym. Chodzi bowiem o określanie aktywności enzymów zlokalizowanych w glebie i związanych z kompleksem sorpcyjnym lub materią organiczną gleby, nie zaś np. enzymów znajdujących się w roślinach, ich fragmentach czy mikroorganizmach.

Niefortunne jest sformułowanie „zwiększenie wzrostu ich liczebności” (str. 26, w 9-10 od dołu).

Częste są nieprecyzyjne stwierdzenia, np. „Zanieczyszczenie gleby cynkiem przyczyniło się do zwiększenia jej kwasowości hydrolitycznej. Jednak wprowadzenie do gleby testowanych sorbentów, z wyjątkiem haloizytu, zmniejszyło kwasowość hydrolityczną gleby.” Czytelnik nie wie, jak duży był wzrost kwasowości hydrolitycznej pod wpływem cynku a także jaką skalę miało zmniejszenie kwasowości hydrolitycznej pod wpływem sorbentów? Czy w ogólnym bilansie po dodaniu cynku i sorbentów kwasowość hydrolityczna rosła czy malała? Zmusza to czytającego do samodzielnego poszukiwania wyjaśnienia drogą analizy wyników.

Dobrze byłoby przedyskutować zjawisko wzrostu kwasowości hydrolitycznej pod wpływem cynku. Był on wprowadzany do gleby w postaci soli mocnego kwasu ( $ZnCl_2$ ), jaka więc część zmian kwasowości zachodziła pod wpływem kationu a jaka pod wpływem anionu? Byłoby właściwe zamieszczenie komentarza Autora w tej kwestii.

Wszystkie wymienione powyżej usterki są drobne i nie mają wpływu na ogólną wartość opracowania.

Publikacje składające się na osiągnięcie naukowe doktoranta zostały opublikowane w renomowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym. Przedstawiają one logiczny ciąg badań, konsekwentnie zmierzających do wyjaśnienia problemu. Autorzy dokonują oceny wpływu cynku na drobnoustroje glebowe, używając do tego zróżnicowanych wskaźników, co umożliwia uzyskanie bardzo szerokiej informacji na temat tego zjawiska. Następnie określają wpływ nawożenia azotowego w glebach zanieczyszczonych cynkiem na mikroorganizmy i aktywność biologiczną gleby, jako zabiegu zmierzającego do poprawy parametrów tych wskaźników. Logicznym krokiem są tematy kolejnych prac, w których użyte zostają kompost i sorbenty, mające ograniczyć toksyczne oddziaływanie cynku na mikroorganizmy. Te bardzo przemyślane i logiczne badania są nie tylko jednolite tematycznie, ale także prowadzą do kompleksowego i wielostronnego poznania zjawiska.

Badania opisane we wszystkich publikacjach składających się na osiągnięcie naukowe wykonane zostały przy użyciu poprawnej metodyki, dostosowanej do zamierzonego celu. Użycie różnorodnych parametrów oceny kondycji mikrobiomu i aktywności biologicznej gleby zapewniają wielostronną i wiarygodną ich ocenę. Opis metodyki jest pełny, precyzyjny i jasny.

Wyniki badań przedstawione są bardzo szeroko, a równocześnie syntetycznie. Liczne, dobrze dobrane tabele i wykresy pozwalają czytelnikowi dokładnie prześledzić cały zasób in-

formacji przekazywanej przez autorów. Zwraca uwagę wzorowe zastosowanie metod statystycznych pozwalające na dokładne wartościowanie znaczenia uzyskanych wyników.

Dyskusja uzyskanych wyników, najczęściej połączona z ich opisem, jest pełna i dojrzała. Pozwala na dobrą ocenę tendencji stwierdzonych w badaniach i porównanie ich z prezentowanymi w literaturze światowej. Cenne są także zamieszczone w tych rozdziałach prac uwagi oraz sugestie, które w sposób wyważony zmierzają do wyjaśnienia stwierdzonych efektów na podstawie własnych badań i literatury. Tak więc dyskusje w pracach składających się na osiągnięcie naukowe należy ocenić bardzo wysoko. Podobnie, konkluzje w tych pracach, stanowiące podsumowanie, są bardzo przemyślane. Syntetyczne a równocześnie w pełni oddające istotne elementy uzyskanej w badaniach informacji. Mają one duże znaczenie poznawcze, ale prowadzą także do możliwości praktycznej aplikacji.

Do cennych wyników uzyskanych w badaniach składających się na osiągnięcie doktorskie można zaliczyć zebranie szerokiej informacji o działaniu cynku na różne grupy mikroorganizmów a także enzymów glebowych. Bardzo ważnym aspektem jest też próba określania skuteczności działania różnych dodatków rekultywacyjnych, jak nawożenie mocznikiem, stosowanie kompostu czy sorbentów. Uzyskane na ten temat informacje mają duże znaczenie poznawcze, ale także mogą stać się podstawą opracowania zastosowań praktycznych.

Stwierdzam, że przedstawione do recenzji osiągnięcie naukowe posiada dużą wartość. Wszystkie prace, jakie się na nie składają zostały dobrze zaplanowane i poprawnie wykonane, z zastosowaniem właściwej metodyki. Wyniki przedstawione jasno i w całości, dostarczają nowych, cennych informacji, zarówno poznawczych, jak i możliwych do wykorzystania w praktyce. Zawierają elementy nowości naukowej. Sposób przeprowadzenia dyskusji i interpretacji wyników oraz podsumowania są napisane na wysokim poziomie. Prace napisane starannie, dobrym językiem. Jest to wartościowe osiągnięcie, świadczące o wiedzy i dojrzałości Doktoranta.

**Wniosek końcowy:** Reasumując stwierdzam, że przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska autorstwa mgr inż. Rafała Strachela pt. **Przywracanie homeostazy gleby zanieczyszczonej cynkiem** spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim, zgodnie z Ustawą z dnia 14 marca 2003 roku o Stopniach Naukowych i Tytule Naukowym z późniejszymi zmianami, biorąc pod uwagę jej treść, kwalifikuje Doktoranta do ubiegania się o stopień naukowy dokto-

ra w dziedzinie nauki rolnicze, dyscyplinie kształtowanie środowiska. Na tej podstawie stawiam wniosek o dopuszczenie Pana mgr inż. Rafała Strachela do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Ze względu na ważny temat, poprawne wykonanie i wysoką wartość naukową wnoszę jednocześnie o wyróżnienie pracy stosowną nagrodą.

Szczecin, 4.03.2019r.

prof. zw. dr hab. inż. Krystyna Cybulska

*K. Cybulska*