

Lublin, dnia 28.10.2025 r.

dr hab. Przemysław Tkaczyk, prof. uczelni
Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej
Wydział Agrobiotechnologii
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

RECENZJA

rozprawy doktorskiej

mgr Dominiki Magdaleny Gmur

**pt. „Ocena występowania pierwiastków ziem rzadkich w glebach i odpadach
oraz możliwości ich odzysku w procesie fitoekstrakcji”**,

wykonanej w Instytucie Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowym Instytucie
Badawczym w Puławach.

Podstawa formalno-prawna opracowania recenzji

Niniejsza recenzja została sporządzona w odpowiedzi na pismo Pana Profesora dr hab. Janusza Podleśnego, Zastępcy Przewodniczącego Rady Naukowej IUNG-PIB w Puławach z dnia 8 września 2025 roku (RN.470.3.2020.DM, L.dz. RN – 121/2025), na podstawie Uchwały nr 51/IUNG-PIB Rady Naukowej IUNG-PIB w Puławach z dnia 08.08.2025 roku powołującej moją osobę na recenzenta rozprawy doktorskiej Pani mgr Dominiki Gmur pt. „Ocena występowania pierwiastków ziem rzadkich w glebach i odpadach oraz możliwości ich odzysku w procesie fitoekstrakcji” wykonanej pod kierunkiem naukowym Pana dr hab. Grzegorza Siebielca, prof. IUNG-PIB.

1. Wybór tematu i jego uzasadnienie

Zapotrzebowanie na pierwiastki ziem rzadkich (REE) systematycznie wzrasta wraz z rozwojem nowoczesnych technologii, w których pełnią one kluczową rolę. Wykorzystywane są m.in. w medycynie, transporcie, technologiach informacyjnych, przemyśle obronnym, a także w rolnictwie. Ich znaczenie wynika z unikalnych właściwości fizykochemicznych, które czynią je niezastąpionymi w licznych procesach technologicznych.

Rosnące globalne zapotrzebowanie na REE, przy jednoczesnej ograniczonej ich dostępności oraz zależności od uwarunkowań geopolitycznych, wymusza poszukiwanie alternatywnych źródeł pozyskania tych pierwiastków oraz rozwój technologii umożliwiających ich odzysk z materiałów odpadowych. Jednym z obiecujących kierunków badań w tym zakresie jest zastosowanie metod biologicznych, w tym fitoekstrakcji z wykorzystaniem wybranych gatunków roślin zdolnych do pobierania pierwiastków ziem rzadkich z gleb skażonych lub odpadów przemysłowych i akumulowania ich w swoich organach, bez istotnego uszczerbku dla własnych funkcji metabolicznych. Zastosowanie metod bioremediacyjnych w tym kontekście ma znaczenie podwójne – z jednej strony umożliwia odzysk cennych surowców, z drugiej przyczynia się do rekultywacji i poprawy jakości środowiska glebowego. Dodatkową korzyścią jest możliwość wykorzystania biomasy roślinnej, bogatej w metale i pierwiastki ziem rzadkich, jako surowca wtórnego w procesach odzysku.

W świetle powyższych rozważań należy stwierdzić, iż wybór tematu przedstawionej do oceny dysertacji jest w pełni uzasadniony, aktualny i o dużym znaczeniu naukowym oraz praktycznym. Podejmuje on problem istotny zarówno z punktu widzenia ochrony środowiska, jak i gospodarki surowcowej oraz wpisuje się w światowe trendy badań nad zrównoważonym rozwojem i gospodarowaniem zasobami naturalnymi.

2. Merytoryczna i formalna ocena pracy

Pani mgr Dominika Gmur w swojej dysertacji połączyła ze sobą tematycznie wydane publikacje:

Publikacja 1: **Gmur D.**, Siebielec G. 2022. *Phytoextraction of Rare Earth Elements*. Polish Journal of Agronomy, 50, 3–11. **Punktacja MNiSW: 20 pkt.**

Publikacja 2: **Gmur D.**, Siebielec G., Pecio M. 2025. *Differences in Accumulation of Rare Earth Elements by Plants Cultivated in Soil and Substrates from Industrial Waste Materials*. Plants, 14(4), 589. **Punktacja MNiSW: 70 pkt., IF 4.1.**

Publikacja 3: **Gmur D.**, Siebielec G., Pecio M. *Chelate-induced accumulation of rare earth elements in plants grown on soil and ash-based growing media*. Current Agronomy, 2025, 2, 1 – 17. **Punktacja MNiSW: 20 pkt.**

Łączna liczba punktów MNiSW 110. We wszystkich publikacjach Pani mgr Dominika Gmur jest pierwszym autorem, deklarując swój udział w ich przygotowaniu na poziomie odpowiednio 85%, 65% i 65%, co zostało potwierdzone oświadczeniami współautorów.

Przedstawiona do recenzji praca składa się z 11 głównych rozdziałów: wstępu i przeglądu literatury, hipotezy i celu badań, materiałów i metod badawczych, wyników, dyskusji, wniosków, literatury, streszczenia w języku polskim i angielskim, kopii publikacji wchodzących w skład rozprawy doktorskiej oraz oświadczenia autora i promotora rozprawy doktorskiej.

W rozdziale „Wstęp i przegląd literatury” autorka w sposób wnikliwy i uporządkowany omawia, na podstawie obszernego materiału źródłowego, problematykę związaną z pierwiastkami ziem rzadkich – ich występowaniem, dostępnością, wpływem na środowisko oraz oddziaływaniem na organizmy żywe. Następnie przedstawia mechanizmy pobierania i akumulacji tych pierwiastków przez rośliny. W kolejnym rozdziale autorka sformułowała hipotezę badawczą, cel główny rozprawy oraz trzy cele szczegółowe.

Rozdział „Materiał i metody badawcze” zawiera szczegółową charakterystykę próbek reprezentujących różne typy materiałów (gleby o podwyższonej zawartości REE, pohutnicze odpady poflotacyjne i żużlowe, popioły lotne z elektrowni oraz komunalne osady ściekowe), które zostały wykorzystane jako komponenty podłoża w procesie fitoekstrakcji pierwiastków ziem rzadkich. Autorka w sposób precyzyjny opisuje zastosowane materiały badawcze (rośliny, podłoża), analizę ich właściwości chemicznych, przebieg doświadczeń, metody analizy roślin i podłoża, obliczenia statystyczne oraz sposób wyznaczania współczynników biokoncentracji i translokacji.

Rozdział czwarty zawiera szczegółowe wyniki badań, które zostały również przedstawione w opublikowanych artykułach. Całość stanowi bogaty materiał empiryczny, będący dowodem wnikliwości oraz wieloaspektowego podejścia autorki do podjętego problemu badawczego.

W części „Dyskusja” Doktorantka przeprowadziła pogłębioną analizę uzyskanych wyników w kontekście światowej literatury przedmiotu.

Układ dysertacji jest logiczny i przejrzysty, a narracja prowadzi czytelnika w sposób uporządkowany przez kolejne etapy badań. Praca liczy 116 stron, zawiera 5 rysunków, 10 tabel, załączniki obejmujące teksty publikacji, a także oświadczenia współautorów.

Doktorantka zgromadziła bardzo obszerną bazę literaturową – 59 pozycji. Wszystkie źródła są prawidłowo dobrane pod względem merytorycznym i aktualne, co potwierdza, że autorka podejmuje problem naukowy o wysokim znaczeniu i współczesnym charakterze.

Dobór literatury umożliwił prawidłową interpretację wyników oraz sformułowanie trafnych wniosków.

Eksperymenty badawcze opisane przez Doktorantkę w załączonych publikacjach jak i w dysertacji zostały zaplanowane prawidłowo i bazują na opublikowanych metodach badawczych, które pozwoliły na szczegółową analizę i wyjaśnienie podjętego w pracy problemu naukowego.

Przedstawione eksperymenty badawcze zostały zaplanowane poprawnie i oparte na uznanych w literaturze metodach, co pozwoliło na dokładną analizę i wyjaśnienie problemu naukowego. Zakres badań oraz część analityczna nie budzą zastrzeżeń i świadczą o rzetelności, skrupulatności oraz wysokim poziomie merytorycznym dysertacji. Tytuł pracy jest adekwatny do jej treści, a podejmowana tematyka — istotna i aktualna w kontekście współczesnych wyzwań środowiskowych, zwłaszcza w świetle narastającego problemu emisji gazów cieplarnianych.

W wyniku przeprowadzonych badań Pani mgr Dominika Gmur sformułowała sześć trafnych i logicznie uzasadnionych wniosków, stanowiących potwierdzenie postawionych hipotez badawczych.

Dysertacja jest opracowaniem o wysokiej wartości naukowej i poznawczej. Pomimo tego, lektura pracy skłoniła mnie do sformułowania kilku uwag natury dyskusyjnej:

- 1) Na stronie 13 w podrozdziale 1.3. Fitoekstrakcja pierwiastków ziem rzadkich napisała Pani: „pierwiastki ziem rzadkich w roślinach mogą być magazynowane w różnych tkankach, do których należą: mezofil, epiderma, ksylem i inne miejsca, w których REE nie wywierają toksycznego wpływu na ważne procesy komórkowe” i w tym miejscu nasuwa mi się pytanie, jakie jeszcze miejsca miała Pani na myśli?
- 2) W podrozdziale 3.1. Określenie zawartości La, Ce, Eu i Gd w zanieczyszczonych glebach i odpadach, napisała Pani „Materiały zostały scharakteryzowane m. in. pod względem zawartości REE (La, Ce, Eu, Gd) oraz zawartości pierwiastków śladowych, odczynu pH, zawartości C i N”. Proszę odnieść się do określenia „odczyn pH” - czy jest to poprawne sformułowanie?
- 3) Na stronie 19 - Rysunek 1. Doświadczenie 1 i Doświadczenie 2 (odpowiednio od lewej) na hali vegetacyjnej IUNG-PIB w Puławach - proponuję zastosować podpis: „Fotografia 1 i 2” oraz podać autora lub źródło zdjęcia.
- 4) Na stronie 20 warto wskazać pochodzenie odpadu poflotacyjnego.
- 5) Na stronie 21 „obniżyć poziom pH” – proponowałbym „zmniejszenie wartości pH”.

- 6) W tekście pojawia się określenie „doniczki” - w języku naukowym bardziej adekwatne może być użycie terminu „wazony”.
- 7) W podrozdziale 3.5.1. Analiza roślin i podłoża, napisała Pani „(części nadziemne i części podziemne) roślin zostały opłukane wodą z kranu, a następnie wodą destylowaną i wysuszone w suszarce w 50°C przez kolejne 2 dni. Następnie wysuszone partie roślin zostały zważone”. Warto doprecyzować, czy w badaniach oznaczano suchą masę roślin.

Powyższe uwagi mają charakter formalny i dyskusyjny; nie wpływają one na wartość merytoryczną ani naukową przedstawionej dysertacji, a mogą być pomocne przy opracowywaniu przyszłych publikacji i materiałów badawczych.

3. Podsumowanie

Podsumowując, stwierdzam, iż rozprawa doktorska Pani mgr Dominiki Gmur zasługuje na bardzo wysoką ocenę. Praca ma charakter oryginalny i nowatorski, a jej wyniki posiadają istotną wartość poznawczą i użyteczną. Dysertacja dostarcza licznych, cennych informacji dotyczących możliwości odzysku pierwiastków ziem rzadkich (REE) z gleb oraz odpadów przemysłowych przy wykorzystaniu różnych gatunków roślin, co stanowi ważny wkład w rozwój badań nad zrównoważonym gospodarowaniem surowcami i rekultywacją środowiska.

Doktorantka zgromadziła obszerny i różnorodny materiał badawczy, do którego właściwie dobrała metody analityczne i eksperymentalne. Świadczy to o jej bardzo dobrym przygotowaniu do pracy naukowej, wysokim poziomie kompetencji metodologicznych, wnikliwości poznawczej oraz doskonałej organizacji procesu badawczego. Wyniki badań są spójne, logicznie uzasadnione i potwierdzają postawione hipotezy. Całość pracy cechuje się wysokim poziomem merytorycznym, starannością opracowania oraz poprawnością językową i redakcyjną.

4. Wniosek końcowy

Przedstawiona do oceny rozprawa mgr Dominiki Gmur pt. „Ocena występowania pierwiastków ziem rzadkich w glebach i odpadach oraz możliwości ich odzysku w procesie fitoekstrakcji”, wykonana pod naukową opieką Pana dr hab. Grzegorza Siebielca, prof. IUNG-PIB., w pełni odpowiada wymaganiom stawianym pracom doktorskim w dyscyplinie „Rolnictwo i ogrodnictwo”. Rozprawa spełnia warunki określone w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018, poz. 1668 z późn. zm.).

W związku z powyższym wnioskuję o dopuszczenie Pani mgr Dominiki Gmur do dalszych etapów przewodu doktorskiego w dyscyplinie Rolnictwo i ogrodnictwo.

Biorąc pod uwagę oryginalność tematyki, zakres i znaczenie poznawcze oraz aplikacyjne wyników, a także wysoki poziom opracowania merytorycznego i formalnego, **wnioskuję o nagrodzenie rozprawy doktorskiej Pani mgr Dominiki Gmur stosowną nagrodą.**