

Lublin, 14.04.2023 r.

dr hab. Katarzyna Szewczuk-Karpisz
Zakład Fizykochemii Materiałów Porowatych
Tel. 81 744 50 61 w. 129
E-mail: k.szewczuk-karpisz@ipan.lublin.pl

RECENZJA

**rozprawy doktorskiej Pani mgr Pauliny Godlewskiej
pt. „Ocena ryzyka w zastosowaniu biowęgla do gleb w kontekście trwałości
i biodostępności WWA w glebach”**

opracowana na zlecenie Pani prof. dr hab. Małgorzaty Grabarczyk,

Dyrektor Instytutu Nauk Chemicznych UMCS

(pismo L. sz. 460/WCHIC/2023 z dnia 16.03.2023 r.)

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska została wykonana w Katedrze Radiochemii i Chemii Środowiskowej na Wydziale Chemii Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, pod kierunkiem naukowym Pana prof. dr hab. Patryka Oleszczuka.

Degradacja gleb jest obecnie jednym z najpoważniejszych problemów środowiskowych, który dotyczy całego społeczeństwa. Objawia się ona pogorszeniem właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych gleb, co z kolei przekłada się na obniżenie ich żyzności i zasobności. Zdegradowana gleba nie jest zdolna do pełnienia swoich funkcji ekosystemowych. Wskutek degradacji ograniczona zostaje m.in. sekwestracja dwutlenku węgla, zdolność gleby do magazynowania wody, oczyszczania ekosystemów z zanieczyszczeń organicznych i nieorganicznych oraz produkcji żywności i biomasy. Zdegradowana gleba wpływa niekorzystnie na wzrost i rozwój organizmów, co odzwierciedla się w pogorszeniu bioróżnorodności. Największymi zagrożeniami dla gleby są m.in. erozja, susze, utrata materii organicznej, zasolenie, pustynnienie i zanieczyszczenie. Zjawiska te są generowane i nieustannie wzmacniane niezrównoważoną działalnością człowieka. Według Głównego Urzędu Statystycznego w 2021 r. powierzchnia gruntów

zdeastowanych i zdegradowanych wymagających rekultywacji w Polsce wyniosła 62,27 tys. ha. W obrębie Unii Europejskiej ok. 60-70% gleb jest nieurodzajnych ze względu na to, jak się nimi gospodaruje, a jeszcze więcej gleb jest nieurodzajnych z powodu zanieczyszczeń. To wszystko skłania do poszukiwania nowych technik oraz substancji, które pozwoliłyby na zahamowanie niepożądanych zjawisk lub przywrócenie zdegradowanym glebom ich wartości użytkowych. Niezwykle ważna jest kontrola i odpowiednie działanie w kierunku zachowania dobrego stanu środowiska glebowego. Stąd też uwzględnienie gleb i ich zdrowia w wielu programach Parlamentu Europejskiego, takich jak Europejski Zielony Ład, strategia „od pola do stołu”, czy w misji „opieka nad glebą to troska o życie” uruchomionej w ramach programu „Horyzont Europa”.

Jedną z substancji, która może rozwiązać problem degradacji gleb lub poprawić znacznie ich stan, jest biowęgiel – heterogeniczny, bogaty w węgiel materiał, otrzymywany wskutek pirolizy biomasy lub odpadów organicznych. Jako kondycjoner glebowy może on podnieść pH gleb, zwiększyć zawartość węgla organicznego, ograniczyć emisję gazów cieplarnianych (podtlenku azotu, metanu). Może również przyczynić się do zwiększenia pojemności kompleksu sorpcyjnego gleby względem różnych jonów lub cząsteczek i działać jako nawóz o przedłużonym działaniu. Na samym początku biowęgiel opisywany był jako materiał wręcz idealny, którego zastosowanie może być ratunkiem dla światowego rolnictwa. Jednak z biegiem lat pojawiało się coraz więcej doniesień mówiących o jego toksycznym wpływie na organizmy glebowe. Biowęgiel może uwalniać do gleby powstające podczas pirolizy wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) lub zawarte w użytej biomacie metale ciężkie. Ponadto może zmieniać parametry środowiska glebowego w ten sposób, że staje się ono niekorzystne dla rozwoju roślin czy zwierząt. Zjawisko to jest ściśle uzależnione od długości przebywania biowęgla w środowisku i może stawać się coraz silniejsze w miarę starzenia się tego materiału. Niestety w literaturze fachowej brakuje wnikliwych opracowań tego zagadnienia. Dodatkowo naukowcy bardzo rzadko oznaczają biodostępną frakcję zanieczyszczeń uwalnianych przez biowęgiel, czyli tą, która może być pobrana przez organizmy. W większości publikacji autorzy skupiają się na całkowitej zawartości WWA czy metali ciężkich w glebie po dodaniu do niej biowęgla, pomijając przy tym ewentualny wpływ roślin uprawianych na badanym obszarze. Wszystkie powyższe luki literaturowe uzupełnia opiniowana praca doktorska.

Pani mgr Paulina Godlewska określiła zdolność biowęgla (BC) do wiązania WWA w zanieczyszczonej glebie (część I, remediacyjna). Ponadto dokonała oceny ryzyka wprowadzenia biowęgla do środowiska glebowego biorąc pod uwagę uwalniane z niego

wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (część II, ocena ryzyka). W badaniach nad wpływem biowęgla na glebę zanieczyszczoną wielopierścieniowymi węglowodarami aromatycznymi Doktorantka wykorzystwała biowęgiel z wikliny (produkowany przez firmę FLUID S.A.) oraz biowęgiel ze słomy z pszenicy (MOSTOSTAL). Ich potencjał w remediacji gleb porównała ze zdolnościami komercyjnego węgla aktywnego (POCH). Z kolei w części drugiej biowęgiel został sporządzony z problematycznego odpadu – osadu ściekowego, generowanego w dużych ilościach w oczyszczalniach ścieków. W Polsce tylko w latach 2003-2018 sucha masa wytworzonych komunalnych osadów ściekowych wzrosła z 447 do 583 tys. ton na rok. Ze względu na odory, substancje toksyczne i znaczną objętość odpad ten jest trudny do składowania. Dlatego w pełni uzasadnione jest przeprowadzone przez Panią mgr przekształcenie osadu ściekowego do biowęgla w procesie konwersji termochemicznej. W ten sposób Doktorantka podjęła próbę zagospodarowania tego uciążliwego odpadu, zgodnie z założeniami gospodarki cyrkularnej. Wpływ biowęgla z osadu ściekowego na biodostępność WWA w glebach zbadała w funkcji kilku czynników: (1) temperatury pirolizy, (2) rodzaju gazu nośnego stosowanego podczas pirolizy, (3) obecności wikliny w pirolizowanych odpadach. Ryzyko generowane przez biowęgle z osadu ściekowego porównała z ryzykiem stwarzanym przez ich prekursor.

W ramach swojej pracy doktorskiej Pani mgr Paulina Godlewska analizowała próbki glebowe pochodzące z poletka doświadczalnego (część I) lub doświadczenia wazonowego (część II). Doświadczenie polowe było prowadzone w stacji doświadczalnej Bezek w województwie lubelskim. Natomiast doświadczenie wazonowe wykonano w Katedrze Radiochemii i Chemii Środowiskowej z wykorzystaniem gleby z tej samej stacji, w warunkach stałej temperatury i wilgotności, z zachowaniem dobowych zmian oświetlenia. Doktorantka badała całkowitą zawartość WWA w glebie (C_{tot}), a także dwie frakcje WWA: potencjalnie dostępną (C_{acc}) i biodostępną (C_{free}), przeprowadzając ich odpowiednie ekstrakcje z próbek glebowych. Frakcję C_{acc} wyizolowała wykorzystując silikonowe próbniki zgodnie z procedurą zaproponowaną przez Gouliarmou i Mayer, natomiast frakcję C_{free} – z użyciem m.in. polioksymetyleny. Adsorpcję WWA na biowęglach zbadała w oparciu o metodę opracowaną przez Hale i in. Identyfikację jakościową i ilościową wyekstrahowanych frakcji przeprowadziła z wykorzystaniem chromatografu gazowego sprzężonego ze spektrometrem masowym z pojedynczym kwadrupolem. W doświadczeniu polowym mającym na celu określenie wpływu uprawy roślin na biodostępność WWA w glebach wzbogaconych biowęgłem lub węglem aktywnym wykorzystwała wierzbę, mieszankę traw i koniczynę. Badania ekotoksykologiczne przeprowadziła na organizmach

z różnych grup taksonomicznych, tj. mikroorganizmach – *Aliivibrio fischeri*, roślinach – *Lepidium stivum*, oraz stawonogach – *Folsomia candida*, wykorzystując fazę stałą gleby lub uzyskany z niej ekstrakt wodny. Wybraną do badań glebę scharakteryzowała poprzez oznaczenie: (1) składu granulometrycznego, (2) pH, (3) pojemności kationowymiennej, (4) zawartości węgla organicznego TOC (ang. *total organic carbon*), (5) rozpuszczalnego węgla organicznego DOC (ang. *dissolved organic carbon*) oraz (6) dostępnych form fosforu, magnezu i potasu. Pani mgr poddała uzyskane wyniki analizie statystycznej, np. przeprowadzając analizę wariancji (ANOVA). Chciałabym w tym miejscu zaznaczyć, że zakres przeprowadzonych prac doświadczalnych był bardzo rozległy, a poszczególne badania niezwykle czasochłonne. Ich wykonanie z pewnością wymagało dużego zaangażowania Doktorantki.

Wyniki prac eksperymentalnych zostały opisane w aż 7 publikacjach naukowych – wyniki z części I w publikacjach D1-D2, natomiast z części drugiej w publikacjach D3, D5-D8. W pracach tych dokonano właściwej interpretacji wyników. Gdy tylko było to możliwe, uzyskane rezultaty zestawiono z wynikami innych badaczy zajmujących się podobną tematyką.

W publikacji D1 określono wpływ dwóch biowęgli oraz węgla aktywnego na frakcję potencjalnie biodostępną WWA w glebie zanieczyszczonej tymi związkami. Opisano wpływ uprawy wikliny na zawartość frakcji C_{acc} w glebie, a także zmiany w ilości rozpuszczalnego węgla organicznego, plonie roślin oraz zawartości w nich wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych, jakie zaszły po aplikacji biowęgla i węgla aktywnego. Doktorantka analizowała WWA o różnej liczbie pierścieni. Stwierdzono, że węgiel aktywny dużo szybciej redukował zawartość C_{acc} WWA w zanieczyszczonej glebie, jednak miał on negatywny wpływ na wzrost roślin. Biowęgle potrzebowały więcej czasu do zaadsorbowania podobnych ilości C_{acc} WWA 2- i 3-pierścieniowych, ale nie powodowały przy tym niekorzystnych zmian w środowisku glebowym, które redukowałyby plon wikliny. W publikacji D2 opisano wpływ biowęgla i węgla aktywnego na frakcję biodostępnych WWA w glebie wykorzystywanej pod uprawę trzech różnych gatunków roślin (koniczyny, trawy i wierzby). Określono również zawartość azotu ogólnego oraz przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu w glebie po wprowadzeniu do niej biowęgla lub węgla aktywnego. Badania wykazały, że węgiel aktywny był skuteczniejszym adsorbentem biodostępnej frakcji WWA. Wiązał na swojej powierzchni większe ilości tych związków, w zdecydowanie krótszym czasie niż biowęgiel. Największe różnice zaobserwowano dla WWA o liczbie pierścieni równej lub większej niż 4. Wpływ roślin na biodostępność WWA nie był

jednoznaczny. Po 18 miesiącach zaobserwowano mniejszą zawartość C_{free} WWA w próbkach z doświadczenia z roślinami. Nie wiadomo jednak, czy było to wynikiem degradacji zanieczyszczeń, czy ich adsorpcji przez materię organiczną wzbogaconą biowęgłem, węglem aktywnym i enzymami roślinnymi. Ani biowęgiel, ani węgiel aktywny nie ograniczały ilości dostępnych składników odżywczych w środowisku glebowym.

W publikacji D3 opisano adsorpcję fenantrenu i pirenu na biowęglach sporządzonych z osadu ściekowego bez i z dodatkiem wikliny w trzech różnych temperaturach (500, 600 i 700°C), przy zastosowaniu dwóch różnych gazów nośnych podczas pirolizy (azotu i dwutlenku węgla). Stwierdzono, że dodatek biomasy do osadu ściekowego pogorszył zdolności sorpcyjne biowęgla względem wybranych WWA, co było głównie spowodowane zmniejszeniem wielkości porów. Biowęgle otrzymane w 500°C okazały się skuteczniejszymi adsorbentami pirenu, natomiast te uzyskane w 700°C – fenantrenu. Zastosowanie dwutlenku węgla zamiast azotu podczas pirolizy prekursorów zwiększyło aromatyczność biowęgla, a tym samym jego powinowactwo do adsorbatów. W publikacji D5 skupiono się na wpływie dodania ww. biowęgla lub osadu ściekowego na zawartość całkowitą i biodostępną WWA w glebie. Wykazano, że trwałość WWA (określona na podstawie frakcji C_{tot}) w glebie z dodatkiem biowęgla otrzymanego z osadu ściekowego i biomasy (BCW) była większa niż w glebie z dodatkiem biowęgla sporządzonego tylko z osadu ściekowego (BC). Z drugiej zaś strony frakcja biodostępna WWA w glebie z dodatkiem BCW ulegała większym stratom niż w glebie wzbogaconej BC. Na podstawie tych wyników można było stwierdzić, że bezpośrednie ryzyko środowiskowe związane z obecnością WWA jest niższe po zastosowaniu BCW. Straty WWA w glebie z BCW były w większym stopniu związane z procesami biodegradacji, z kolei w glebie z BC dominowały procesy sekwestracji lub tworzenia pozostałości związanej. Jednocześnie zwrócono uwagę, że frakcja C_{free} w glebie z BCW mogła wzbogacać frakcję C_{tot} WWA wpływając na mniejszy spadek zawartości tych związków w trakcie doświadczenia. Straty WWA były silnie uzależnione od mechanizmu wiązania WWA przez biowęgle. W publikacji D6 porównano toksyczność gleb z dodatkiem osadu ściekowego oraz biowęgla (BCW, BC) otrzymanych w różnych temperaturach pirolizy. Badania wykazały, że dodatek prekursora do gleby indukował silniejszy efekt toksyczny niż dodatek biowęgla. Natomiast toksyczność biowęgla zależała od temperatury pirolizy oraz rodzaju badanego organizmu. W większości przypadków bardziej toksyczny okazał się biowęgiel sporządzony przy wykorzystaniu tylko osadu ściekowego. W publikacji D7 określono frakcję całkowitą oraz frakcję biodostępną WWA w glebach po ich wzbogaceniu BC lub BCW sporządzonych w różnych temperaturach pirolizy, z wykorzystaniem dwóch

różnych gazów nośnych (dwutlenku węgla i azotu). Różnice w trwałości WWA były podyktowane odmiennymi właściwościami fizykochemicznymi biowęgla, głównie ich parametrami teksturalnymi. Mniejsza wielkość adsorpcji na powierzchni materiałów otrzymanych przy użyciu dwutlenku węgla była równoznaczna z większą podatnością WWA na biodegradację. Zmiana gazu nośnego z azotu na dwutlenek węgla spowodowała zmniejszenie biodostępności WWA tylko w przypadku biowęgla otrzymanych w 500°C. W pozostałych wariantach nastąpiło zwiększenie biodostępności WWA. W publikacji D8 określono toksyczność biowęgla BCW i BC uzyskanych w różnych temperaturach pirolizy, w dwóch rodzajach gazu nośnego po dodaniu ich do gleby w 180-dniowym eksperymencie wazonowym. W ujęciu długoterminowym zmiana gazu nośnego z azotu na dwutlenek węgla spowodowała obniżenie toksyczności biowęgla. Było to szczególnie widoczne dla BCW otrzymanego w 700°C. Szczególnie korzystny wpływ zmiany gazu zaznaczył się na *Lepidium sativum*, natomiast najmniej korzystny dla *Aliivibrio fisheri*. BCW otrzymanego w 700°C w dwutlenku węgla stymulował reprodukcję *Folsomia candida* przez cały czas trwania doświadczenia wazonowego.

Publikacja D4 to kompleksowy przegląd literatury na temat ekotoksyczności biowęgla. Wnikliwie opisano w niej zanieczyszczenia, jakie mogą być uwalniane z tego materiału do środowiska glebowego. Ponadto, zestawiono w niej dane literaturowe na temat akumulacji wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych i metali ciężkich w glebie po wprowadzeniu do niej biowęgla. W pracy przeglądowej ważne miejsce zajmuje opis toksycznego wpływu różnych biowęgla na poszczególne grupy organizmów.

Publikacje zaliczone do rozprawy doktorskiej Pani mgr Pauliny Godlewskiej ukazały się w czasopiśmie z listy JCR w latach 2017-2022. Czasopisma te wyróżniają się bardzo wysokimi współczynnikami oddziaływania IF oraz wysoką punktacją Ministerstwa Edukacji i Nauki. Są to: *Environmental Pollution* (Elsevier, 100 pkt. MEiN, IF_{5-letni} 10,366), *Environmental Science and Technology* (ACS, 140 pkt. MNiSW, IF_{5-letni} 8,827), *Bioresource Technology* (Elsevier, 140 pkt. MEiN, IF_{5-letni} 9,658), *Journal of Hazardous Materials* (Elsevier, 200 pkt. MEiN, IF_{5-letni} 12,505), *Chemical Engineering Journal* (Elsevier, 200 pkt. MEiN, IF_{5-letni} 14,66), *Ecotoxicology and Environmental Safety* (Elsevier, 100 pkt. MEiN, IF_{5-letni} 6,68). Sumaryczny współczynnik oddziaływania IF prac wynosi 83,05, natomiast sumaryczna liczba punktów MEiN – 1080. Jedna publikacja naukowa ma 5 autorów, dwie – 4 autorów, a trzy – 3 autorów. W dwóch pracach autorami są jedynie Pani mgr i Pan promotor. Doktorantka jest pierwszym autorem w 6 publikacjach. W publikacji D1 jest autorem drugim, natomiast w publikacji D2 – czwartym. We wszystkich pracach autorem korespondencyjnym

jest Pan prof. dr hab. Patryk Oleszczuk. Każda publikacja opisująca wyniki prac eksperymentalnych zawiera „materiały dodatkowe”, co jest potwierdzeniem ogromnej ilości zgromadzonych wyników. Ocenę wkładu Doktorantki w powstanie poszczególnych prac utrudnia brak oświadczeń opisujących zadania wykonane przez poszczególnych współautorów. „Authorship contribution statements” zostały umieszczone tylko w 3 publikacjach (D6-D8). Biorąc je pod uwagę oraz to, że pierwszy autor pracy jest zazwyczaj tym wiodącym, odpowiedzialnym za przeprowadzenie prac eksperymentalnych i przygotowanie pierwszych wersji manuskryptów, uznaję udział Pani mgr w postawieniu publikacji wchodzących w skład rozprawy doktorskiej za znaczny.

Oprócz kopii publikacji naukowych rozprawa doktorska Pani mgr Pauliny Godlewskiej zawiera 43-stronicowy opis przeprowadzonych badań oraz skróconą interpretację uzyskanych wyników. Składa się on z następujących rozdziałów: „Aktualny stan wiedzy”, „Cel i zakres badań”, „Ogólny opis metod zastosowanych w badaniach”, „Badania własne”, „Wnioski”, „Literatura”. Na początku rozprawy Doktorantka umieściła również spis publikacji będących przedmiotem rozprawy oraz spis stosowanych skrótów i symboli. W rozdziale „Aktualny stan wiedzy” Pani mgr zdefiniowała biowęgiel, opisała jego właściwości fizykochemiczne oraz sposób, w jaki może on wpływać na środowisko naturalne. Doktorantka wskazała wielopierścieniowe węglowodorowy aromatyczne jako zanieczyszczenia najczęściej występujące w biowęglach i stanowiące znaczne zagrożenie dla organizmów. Ponadto podkreśliła, którą lukę literaturową pragnie uzupełnić poprzez realizację swojej pracy doktorskiej. W rozdziale „Cel i zakres badań” Doktorantka prawidłowo sformułowała 6 hipotez badawczych, a w następnej części opisała wykorzystane metody oraz syntetycznie przedstawiła uzyskane wyniki i ich interpretację. W opisie swoich rezultatów Pani mgr zastosowała podział na poszczególne publikacje. Osobiście pokusiłabym się o bardziej usystematyzowany opis wyników i zestawienie danych z różnych publikacji. Wówczas ocena przydatności biowęgla czy węgla aktywnego do remediacji gleb, czy ocena wpływu zmiany gazu stosowanego podczas pirolizy na właściwości i toksyczność biowęgla byłyby bardziej kompleksowe. Zdaję sobie jednak sprawę z tego, że przygotowanie takiego opisu, uwzględniającego tak wiele wyników badań, byłoby niezwykle trudne. Podsumowaniem opisu badań jest 9 w pełni uzasadnionych wniosków. Rozdział „Literatura” zawiera 56 odpowiednio dobranych pozycji literaturowych pochodzących z ostatnich lat. Recenzowana rozprawa doktorska zawiera również „Streszczenie” w języku polskim i angielskim, a także życiorys i dorobek naukowy Doktorantki.

Dotychczasowe osiągnięcia Pani mgr Pauliny Godlewskiej zasługują na ogromne

uznanie. Pomimo młodego wieku jest ona współautorką 14 publikacji, które zostały zacytowane aż 502 razy. Indeks Hirscha Doktorantki wynosi 9 (według bazy *Scopus*, 7.04.2023). Bardzo dobre wyniki w nauce Pani Pauliny Godlewskiej sprawiły, że przez wiele lat otrzymywała ona stypendia dla najlepszych studentów, m.in. stypendium Rektora oraz stypendium Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Podczas studiów doktoranckich kilkakrotnie uczestniczyła w konferencjach naukowych, prezentując wyniki swoich badań. Ponadto w 2019 r. została laureatką konkursu Preludium Narodowego Centrum Nauki. Oznacza to, że Pani mgr Paulina Godlewska jest osobą bardzo aktywną i ambitną. W toku studiów przyswoiła ona wszelkie umiejętności niezbędne do samodzielnej pracy naukowej.

Opiniowana rozprawa doktorska jest starannie przygotowana pod względem edytorskim. Rysunki i wykresy są czytelne, a struktura pracy przejrzysta. Wśród uchybień, które znalazłam, są drobne literówki oraz stosowanie sformułowania „pole powierzchni” zamiast terminu „powierzchnia właściwa” w odniesieniu do biowęgla. Jednak powyższe błędy nie wpływają na moją pozytywną ocenę pracy.

Jak już wcześniej wspomniałam, tematykę poruszoną przez Panią mgr Paulinę Godlewską uważam za aktualną. Jestem pewna, że wyniki przeprowadzonych przez nią badań zostaną wykorzystane podczas remediacji zdegradowanych gleb w niedalekiej przyszłości. Każdą publikację będącą przedmiotem opiniowanej rozprawy doktorskiej czytałam z dużym zainteresowaniem. Są one zrozumiałe i posiadają wysoką wartość merytoryczną. Wszystkie prace przeszły procedurę recenzji w renomowanych czasopismach naukowych (głównie z Q1), co świadczy o ich niezaprzeczalnie wysokiej jakości. Jako recenzent rozprawy chciałabym zadać Doktorantce jedynie kilka pytań celem zaspokojenia swojej ciekawości naukowej. Proszę o udzielenie odpowiedzi na nie podczas publicznej obrony pracy doktorskiej.

1. Zdolności sorpcyjne węgla aktywnych względem zanieczyszczeń organicznych i nieorganicznych są ściśle uzależnione od procedury aktywacji. Czy wiadomo, w jaki sposób dokonano aktywacji prekursora celem otrzymania węgla aktywnego wykorzystanego w badaniach?
2. Dodatek biomasy do osadu ściekowego może m.in. polepszyć parametry tekstualne otrzymanego biowęgla. Dlaczego wybrano akurat wiklinę jako dodatek do osadu ściekowego?
3. Ważnym parametrem charakteryzującym adsorbenty jest ilość kwasowych i zasadowych grup funkcyjnych na ich powierzchni. Czy przeprowadzono oznaczenie tych grup na biowęglach (np. z wykorzystaniem miareczkowania

Boehma)?

4. W publikacji D1 stwierdzono, że węgiel aktywny obniża zawartość rozpuszczalnego węgla organicznego (DOC) w glebie, co negatywnie wpływa na uprawę roślin. Z kolei w publikacji D2 podkreślono, że ten sam materiał nie obniżał dostępności składników odżywczych dla organizmów roślinnych, co może potencjalnie stymulować ich wzrost. Chciałabym zapytać, jakie jest końcowe stanowisko Doktorantki wobec wybranego węgla aktywnego i czy zastosowałyby akurat ten materiał celem poprawy kondycji gleb?
5. W doświadczeniu polowym i wazonowym stosowano 2% dawkę biowęgla, podczas gdy w praktykach rolniczych stosuje się zazwyczaj 1% dodatek tego materiału. Dlaczego zdecydowano się na tę większą dawkę? Czy w tych warunkach nie pojawiło się zagrożenie wystąpienia stresu oksydacyjnego u roślin?

Wniosek końcowy

Z całym przekonaniem stwierdzam, że recenzowana przeze mnie rozprawa doktorska Pani mgr Pauliny Godlewskiej jest wartościowym opracowaniem, stanowiącym znaczące rozszerzenie wiedzy na temat bezpieczeństwa stosowania biowęgla jako dodatków do gleb. Rozprawa spełnia warunki określone w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. Poz. 1668, z późn. zm.) i stanowi podstawę do nadania stopnia doktora w dyscyplinie nauk chemicznych. Wniosuję o dopuszczenie Pani mgr Pauliny Godlewskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego. Dodatkowo biorąc pod uwagę zakres przeprowadzonych prac, wysoką jakość uzyskanych wyników oraz obszerny dorobek publikacyjny Doktorantki wnoszę o wyróżnienie jej pracy doktorskiej.

*Ketaminio
Srewnski-Kaypior*