



Poznań 30.06.2026

dr hab. inż. Bartłomiej Glina, Prof. UPP
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
Wydział Rolnictwa, Ogrodnictwa i Biotechnologii
Katedra Gleboznawstwa i Mikrobiologii
ul. Szydlowska 50
60-656 Poznań

RECENZJA

Rozprawy doktorskiej

mgr Tianjing Ren

**pt.: Factors controlling content and transformations of dissolved organic matter components in
agricultural soils at field and global scales**

wykonana w Zakładzie Gleboznawstwa i Analiz Środowiskowych, Instytutu Uprawy Nawożenia i
Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach
pod kierunkiem naukowym

dr hab. Bożena Smreczak, prof. IUNG-PIB – promotor

dr hab. Aleksandra Ukalska-Jaruga – promotor pomocniczy

1. Podstawa opracowania recenzji

- Pismo Przewodniczącego Rady Naukowe, Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach z dnia 22 maja 2026 r., wystosowane w związku z uchwałą 18/IUNG-PIB/2026 Rady Naukowej podjętej dnia 20 kwietnia 2026 r.,
- Egzemplarz pracy doktorskiej mgr Tianjing Ren pt. *Factors controlling content and transformations of dissolved organic matter components in agricultural soils at field and global scales*,
- Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (tekst jednolity Dz.U. 2021 poz. 478).

2. Ocena wyboru problematyki badawczej

Problematyka badawcza podjęta w rozprawie doktorskiej dotyczy dynamiki rozpuszczonej materii organicznej (DOM) oraz jej głównych komponentów: rozpuszczonego węgla organicznego (DOC), azotu organicznego (DON) i fosforu organicznego (DOP) w glebach użytkowanych rolniczo. Wybór tego zagadnienia zasługuje na bardzo wysoką ocenę zarówno pod względem aktualności naukowej, jak i znaczenia aplikacyjnego. Rozpuszczona materia organiczna stanowi najbardziej aktywną i podatną na przemiany frakcję materii organicznej gleby, odgrywając kluczową rolę w obiegu węgla i składników pokarmowych, funkcjonowaniu mikroorganizmów glebowych oraz procesach odpowiedzialnych za sekwestrację węgla. Jednocześnie DOM jest uznawana za czuły wskaźnik zmian zachodzących w środowisku glebowym pod wpływem czynników antropogenicznych i klimatycznych. W kontekście współczesnych wyzwań związanych ze zmianami klimatu, wzrostem depozycji azotu oraz koniecznością wdrażania zrównoważonych systemów gospodarowania glebą badania nad mechanizmami regulującymi ilość i jakość DOM nabierają szczególnego znaczenia.

Na podkreślenie zasługuje fakt, że Doktorantka trafnie identyfikuje istotne luki badawcze występujące w literaturze światowej. Dotychczasowe wyniki badań dotyczących wpływu nawożenia azotowego, ocieplenia klimatu oraz praktyk agrotechnicznych na zawartość DOC i DON pozostają niejednoznaczne. Kierunek obserwowanych zmian zależy bowiem od warunków klimatycznych, właściwości gleb, sposobu użytkowania oraz głębokości profilu glebowego. W pracy słusznie zwrócono uwagę na niedostateczne rozpoznanie interakcji pomiędzy różnymi czynnikami globalnych zmian środowiska oraz ograniczoną liczbę badań obejmujących jednocześnie oddziaływanie ocieplenia klimatu, nawożenia azotowego i praktyk rolniczych na dynamikę DOM. Za szczególnie wartościowe należy uznać uwzględnienie w analizach nie tylko ilościowych zmian stężeń DOC, DON i DOP, lecz również jakości rozpuszczonej materii organicznej. Analiza parametrów takich jak aromatyczność czy stopień humifikacji pozwala bowiem na głębsze poznanie mechanizmów transformacji materii organicznej oraz ocenę stabilności węgla glebowego. Takie podejście wykracza poza tradycyjne badania koncentrujące się wyłącznie na oznaczaniu zawartości węgla organicznego i odpowiada aktualnym trendom badawczym w naukach o glebie. Na wysoką ocenę zasługuje również kompleksowa koncepcja rozprawy, łącząca globalne analizy metaanalizy z badaniami terenowymi prowadzonymi w długoterminowym doświadczeniu polowym. Takie podejście umożliwia zarówno identyfikację ogólnych prawidłowości występujących w skali światowej, jak i ich weryfikację w konkretnych warunkach siedliskowych. Szczególnie istotnym elementem pracy jest uwzględnienie zmienności pionowej DOM w profilu glebowym do głębokości 90 cm, ponieważ większość dostępnych badań ogranicza się do analizy warstwy powierzchniowej gleby. Tym samym rozprawa podejmuje zagadnienie nadal słabo rozpoznane, mające istotne znaczenie dla oceny długoterminowej stabilizacji węgla oraz przemieszczania składników organicznych w głąb profilu glebowego.

Podsumowując, wybór problematyki badawczej należy uznać za w pełni uzasadniony, aktualny i istotny zarówno z punktu widzenia rozwoju nauk o glebie, jak i praktyki rolniczej. Podjęte zagadnienia wpisują się w najważniejsze kierunki współczesnych badań nad funkcjonowaniem agroekosystemów w warunkach globalnych zmian środowiskowych. Uzyskane wyniki mogą stanowić cenny wkład zarówno w rozwój wiedzy dotyczącej funkcjonowania materii organicznej w glebach, jak i w doskonalenie strategii zrównoważonego gospodarowania glebą oraz ograniczania negatywnych skutków zmian klimatu.

3. Ocena formalna pracy

Rozprawa doktorska Pani mgr Tianjing Ren została przygotowana w formie cyklu czterech publikacji naukowych, opatrzonych wspólnym tytułem „*Factors controlling content and transformations of dissolved organic matter components in agricultural soils at field and global scales*”. W skład osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę ubiegania się o stopień doktora wchodzi następujące artykuły:

1. Ren, T., Smreczak, B., Ukalska-Jaruga, A., Li, X., Hassan, W., Cai, A. (2025). Differential impacts of nitrogen addition on soil dissolved organic carbon in humid and non-humid regions: A global meta-analysis. *Journal of Environmental Management*, 377, 124744.

2. Ren, T., Smreczak, B., Ukalska-Jaruga, A., Hassan, W., Cai, A. (2025). Asymmetric responses of soil dissolved organic carbon and dissolved organic nitrogen to warming: A meta-analysis. *Catena*, 252, 108871.
3. Ren, T., Ukalska-Jaruga, A., Smreczak, B., Cai, A. (2024). Dissolved organic carbon in cropland soils: A global meta-analysis of management effects. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 371, 109080.
4. Ren, T., Debaene, G., Ukalska-Jaruga, A., Smreczak, B. (2025). Depth-dependent effects of crop rotation and monoculture on dissolved organic matter quantity and quality. *Frontiers in Plant Science*, 16, 1668092.

Łączna liczba punktów, zgodnie z wykazem czasopism MNiSW obowiązującym w roku opublikowania poszczególnych artykułów, wynosi 640, natomiast sumaryczna wartość wskaźnika Impact Factor osiąga 25,9. Wszystkie publikacje, po uzyskaniu pozytywnych recenzji wydawniczych, ukazały się w renomowanych czasopismach naukowych: *Journal of Environmental Management*, *Catena*, *Agriculture, Ecosystems & Environment* oraz *Frontiers in Plant Science*. Artykuły zostały opublikowane w latach 2024–2025 i mają charakter współautorski. W skład zespołów autorskich, obok Doktorantki, wchodzi promotor – dr hab. Bożena Smreczak, prof. IUNG-PIB, promotor pomocniczy – dr hab. Aleksandra Ukalska-Jaruga oraz inni naukowcy reprezentujący Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach, Chinese Academy of Agricultural Sciences oraz MNS-University of Agriculture (Pakistan). We wszystkich publikacjach Kandydatka jest pierwszym autorem oraz autorem korespondencyjnym. Z przedstawionych oświadczeń współautorów wynika jednoznacznie, że Doktorantka we wszystkich publikacjach pełniła rolę autora wiodącego. Jej udział obejmował przygotowanie pierwszej wersji manuskryptów, redakcję i korektę tekstów po procesie recenzji, opracowanie metodologii badań, prowadzenie badań, analizę i walidację danych, ich wizualizację, administrację projektem, pozyskanie finansowania oraz konceptualizację badań. Zakres ten świadczy o wiodącym wkładzie Doktorantki zarówno w przygotowanie publikacji, jak i realizację całego programu badawczego.

Warto również podkreślić, że mgr Tianjing Ren jest współautorką łącznie 15 publikacji naukowych opublikowanych w czasopismach posiadających wskaźnik Impact Factor. Według bazy Web of Science (stan na dzień 22 czerwca 2026 r.) indeks Hirscha Doktorantki wynosi 8, natomiast jej publikacje były cytowane 251 razy, z wyłączeniem autocytowań. Osiągnięcia te zasługują na szczególne wyróżnienie, ponieważ stanowią imponujący dorobek naukowy, zwłaszcza na tak wczesnym etapie kariery badawczej.

Cykl czterech publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe został uzupełniony opracowaniem opisowym, syntetycznie przedstawiającym przeprowadzone badania oraz ich najważniejsze wyniki. Rozprawa doktorska Pani mgr Tianjing Ren liczy 86 stron maszynopisu (wyłączając kopie publikacji naukowych wchodzących w skład dysertacji). Opracowanie zawiera wszystkie elementy wymagane formalnie w rozprawie doktorskiej, tj. stronę tytułową, oświadczenia autorów, spis treści, wykaz publikacji (z podaniem punktacji według wykazu MNiSW), streszczenia w języku polskim i angielskim, wstęp, cele i hipotezy badawcze, materiały i metody badań, omówienie wyników i dyskusję, wnioski końcowe oraz spis literatury.

Tytuł opracowania – *Factors controlling content and transformations of dissolved organic matter components in agricultural soils at field and global scales* – jest trafny, przejrzysty i w pełni odpowiada zakresowi przedstawionych badań. Rozprawa została zredagowana starannie i zgodnie z przyjętymi standardami obowiązującymi dla tego typu opracowań naukowych. Układ części opisowej jest logiczny, spójny i właściwie odzwierciedla treść oraz wyniki badań przedstawione w publikacjach wchodzących w skład osiągnięcia naukowego, nie budząc zastrzeżeń natury formalnej.

4. Ocena merytoryczna

4.1 Streszczenia

Streszczenia w języku polskim i angielskim zostały napisane prawidłowo. Autorka zawarł w nich kluczowe informacje wprowadzające czytelnika w tematykę pracy doktorskiej, cel pracy, krótki opis przyjętej

metodyki badań, opis uzyskanych rezultatów oraz najważniejsze wnioski końcowe z przeprowadzonych badań.

4.2 Wstęp

W ocenianym rozdziale Doktorantka przedstawiła szeroki kontekst badań nad rozpuszczoną materią organiczną (DOM), obejmującą rozpuszczony węgiel organiczny (DOC), azot organiczny (DON) i fosfor organiczny (DOP). Trafnie wskazała, że DOM, mimo niewielkiego udziału w całkowitych zasobach materii organicznej gleby, stanowi jej najbardziej mobilną, dynamiczną i biologicznie dostępną frakcję. Omówiła jej znaczenie dla aktywności mikroorganizmów, obiegu składników pokarmowych, stabilizacji węgla organicznego oraz transportu substancji z gleby do wód. Szczególną uwagę poświęcono funkcjonowaniu DOM w agroekosystemach oraz jej reakcjom na dopływ azotu, ocieplenie klimatu i praktyki rolnicze. Doktorantka prawidłowo wskazała, że kierunek i wielkość zmian DOC i DON zależą m.in. od wilgotności, temperatury, dawki azotu, odczynu gleby, początkowej zawartości węgla organicznego oraz właściwości mineralnych gleby. Autorka uwzględniła także jakościowe właściwości DOM, oceniane za pomocą wskaźników SUVA i E4/E6, oraz znaczenie głębszych warstw profilu glebowego. Na podstawie przeglądu literatury prawidłowo zidentyfikowano główne luki badawcze: niejednoznaczność reakcji DOM na nawożenie azotem i wzrost temperatury, niedostateczne poznanie współdziałania czynników klimatycznych, glebowych i biologicznych, niewielką liczbę badań obejmujących równocześnie DOC, DON i DOP oraz ograniczoną wiedzę o DOM w głębszych warstwach gleb rolniczych. Koncepcja rozprawy opiera się na logicznym, wieloskalowym podejściu, łączącym trzy globalne metaanalizy z wieloletnim doświadczeniem polowym, w którym porównano zmianowanie i monokulturę w warstwach 0–30, 30–60 i 60–90 cm. Takie rozwiązanie umożliwia zestawienie prawidłowości globalnych ze szczegółową oceną procesów zachodzących w profilu gleby użytkowanej rolniczo. Cel główny, cele szczegółowe i hipotezy są zasadniczo spójne, logiczne, weryfikowalne i odpowiadają zidentyfikowanym lukom badawczym. Rozdział oparto na rozległym piśmiennictwie i przekonująco uzasadniono w nim znaczenie podjętej problematyki.

4.3 Materiały i metody badań

Rozdział „Materiały i metody badań” obejmuje dwie zasadnicze części: globalne metaanalizy dotyczące wpływu dopływu azotu, ocieplenia klimatu i praktyk rolniczych na komponenty rozpuszczonej materii organicznej oraz badania przeprowadzone w ramach wieloletniego doświadczenia polowego. Taki układ jest logiczny i zgodny z celami pracy, ponieważ umożliwia połączenie prawidłowości globalnych z oceną procesów zachodzących w profilu gleby użytkowanej rolniczo. W części metaanalitycznej Doktorantka przedstawiła źródła danych, strategię wyszukiwania publikacji oraz kryteria ich kwalifikowania. Wyszukiwanie przeprowadzono w bazach Web of Science, Google Scholar i CNKI (China National Knowledge Infrastructure), a do analiz włączano badania z wariantem kontrolnym, odpowiednią liczbą powtórzeń i dostępnymi miarami zmienności. Zgromadzony materiał jest bardzo obszerny i obejmuje ponad tysiąc obserwacji dotyczących wpływu azotu na DOC, kilkaset obserwacji odnoszących się do ocieplenia oraz ponad trzy tysiące obserwacji dotyczących praktyk rolniczych. Liczebność bazy stanowi istotną zaletę rozprawy. Na pozytywną ocenę zasługuje uwzględnienie licznych zmiennych klimatycznych, glebowych, mikrobiologicznych i agrotechnicznych oraz zastosowanie logarytmicznego współczynnika odpowiedzi, regresji, selekcji modeli i metod uczenia maszynowego. Pozwoliło to nie tylko określić ogólny kierunek zmian, ale również zidentyfikować najważniejsze czynniki różnicujące reakcję DOM. Opis metod metaanalitycznych wymaga jednak uzupełnienia. Wskazane byłoby przedstawienie w rozprawie pełnych danych dotyczących procesu selekcji publikacji, zasad usuwania duplikatów, oceny heterogeniczności oraz ryzyka błędu publikacyjnego. Należy również doprecyzować sposób uwzględnienia wielu obserwacji pochodzących z tej samej publikacji, ponieważ ich traktowanie jako niezależnych może prowadzić do pseudoreplikacji. Wyjaśnienia wymaga także sposób przeliczania wyników uzyskanych metodami fizycznego pobierania roztworu glebowego na wartości odpowiadające ekstrakcjom chemicznym. Interesującym elementem pracy jest zaproponowany wskaźnik efektywności DOC, odnoszący zmiany DOC do zmian plonowania i emisji CO₂. Wskaźnik ten ma potencjał aplikacyjny, jednak wymaga dokładniejszego uzasadnienia matematycznego oraz ostrożnej interpretacji, zwłaszcza gdy efekt dotyczący DOC jest niewielki lub przyjmuje wartość zbliżoną do zera. Badania terenowe przeprowadzono w wieloletnim doświadczeniu polowym w Osinach, porównując zmianowanie z monokulturą pszenicy ozimej. Szczególnie pozytywnie należy ocenić pobranie próbek z trzech

warstw profilu, do głębokości 90 cm, oraz oznaczenie DOC, DON i DOP. Podejście to bezpośrednio uzupełnia ograniczenia metaanaliz wynikające z dominacji badań warstw powierzchniowych i małej liczby danych dotyczących DOP. Zakres analiz właściwości gleby jest szeroki i właściwie dobrany do celów rozprawy. Obejmuje podstawowe właściwości fizyczne i chemiczne gleby, zawartość składników pokarmowych oraz wskaźniki jakości DOM, takie jak SUVA i E4/E6. Zastrzeżenie budzi wykorzystanie próbek suszonych powietrznie do ekstrakcji DOM, gdyż suszenie może zmieniać rozpuszczalność materii organicznej i zwiększać uwalnianie DOC, DON oraz DOP. Wpływ tej procedury powinien zostać omówiony jako ograniczenie metody. Ponadto w analizie statystycznej doświadczenia polowego bardziej właściwy byłby model uwzględniający jednocześnie system uprawy, głębokość, ich interakcję oraz układ blokowy niż jednoczynnikowa analiza wariancji.

Podsumowując, metodyka badań jest rozbudowana, nowoczesna i zasadniczo właściwie dobrana do celów rozprawy. Na szczególne podkreślenie zasługują rozmiar globalnej bazy danych, połączenie klasycznej metaanalizy z metodami uczenia maszynowego oraz objęcie badaniami terenowymi głębszych warstw gleby i pełnego zestawu komponentów DOM. Wskazane uzupełnienia dotyczą przede wszystkim przejrzystości procedur metaanalitycznych, standaryzacji danych, sposobu oznaczania DON i DOP oraz doboru modelu statystycznego.

4.4 Wyniki i Dyskusja

Rozdział „Wyniki i dyskusja” Autorka opracowała na podstawie czterech artykułów naukowych wchodzących w skład monografii, omawiając osobno rezultaty każdej pracy oraz odnosząc je do sformułowanych celów i hipotez badawczych. Taki układ należy uznać za logiczny i przejrzysty, ponieważ pozwala na zachowanie związku pomiędzy poszczególnymi etapami badań a odpowiadającymi im publikacjami. Ułatwia również ocenę oryginalnego wkładu każdej pracy w realizację głównego celu rozprawy.

4.4.1 Impacts of nitrogen addition on soil dissolved organic carbon (DOC) across humid and non-humid regions – artykuł I

W pierwszej pracy Doktorantka oceniła wpływ dodatku azotu na zawartość rozpuszczonego węgla organicznego (DOC) oraz określiła czynniki różnicujące jego reakcję w regionach wilgotnych (humid) i nie wilgotnych (non-humid). Wyniki wykazały przeciwstawne kierunki zmian: w regionach wilgotnych dodatek azotu zmniejszał zawartość DOC i węgla biomasy mikroorganizmów (MBC), natomiast w regionach niewilgotnych powodował wzrost obu parametrów. Zawartość całkowitego węgla organicznego (SOC) zwiększała się w obu grupach, silniej jednak w regionach wilgotnych. Wyniki wspierają hipotezę o klimatycznym uwarunkowaniu reakcji DOC na dopływ azotu. Najważniejszym osiągnięciem pracy jest wykazanie, że wpływ azotu na DOC zależy od warunków wilgotnościowych, co częściowo wyjaśnia rozbieżności w literaturze. Istotną wartość poznawczą ma również łączna analiza DOC, SOC i MBC. Na pozytywną ocenę zasługuje identyfikacja odmiennych czynników kontrolujących reakcję DOC. W regionach wilgotnych kluczowe znaczenie miały początkowa zawartość SOC, sezonowość opadów i właściwości mikrobiologiczne gleby, natomiast w regionach niewilgotnych większą rolę odgrywały dawka azotu i dostępność wody. Wykazano także znaczenie odczynu gleby dla sorpcji, desorpcji i przemieszczania DOC. Zastrzeżenia budzi miejscami zbyt daleko idąca interpretacja mechanizmów odpowiedzialnych za obserwowane zależności. Metaanaliza pozwala wskazać związki i znaczenie moderatorów, lecz nie potwierdza bezpośrednio zmian wydzielania korzeniowego, aktywności enzymatycznej, tworzenia makroagregatów czy stabilizacji węgla związanego z minerałami. Procesy te należy przedstawiać jako prawdopodobne wyjaśnienia, a nie mechanizmy jednoznacznie potwierdzone. Ostrożności wymaga także interpretacja zależności między reakcją DOC a MBC, ponieważ niskie wartości współczynnika determinacji wskazują na ich ograniczoną moc wyjaśniającą. Ponadto podział obszarów na dwie szerokie kategorie wilgotnościowe jest użyteczny, ale upraszcza zróżnicowanie klimatyczne, glebowe i roślinne. Na wyniki mogły wpływać także różnice między biomami, metodami oznaczania DOC oraz formą, dawką i czasem stosowania azotu. Ograniczenia te należałoby uwzględnić przy formułowaniu wniosków.

4.4.2 DOC–DON response to climate warming– artykuł II

W drugiej pracy Doktorantka oceniła wpływ eksperymentalnego ocieplenia na zawartość rozpuszczonego węgla i azotu organicznego (DOC i DON) i powiązane procesy glebowe. Ocieplenie nie zmieniało istotnie DOC, ani węgla biomasy mikroorganizmów, lecz zmniejszało zasoby SOC o 3,36%. Jednocześnie zwiększało zawartość DON o 8,84% i azotu azotanowego o 13,12% oraz obniżało stosunek DOC o 10,8%. Stwierdzono też spadek wilgotności gleby oraz wzrost aktywności β -glukozydazy i oddychania glebowego. Wyniki wspierają hipotezę o rozdzieleniu reakcji rozpuszczonych form węgla i azotu pod wpływem ocieplenia. Największą zaletą pracy jest kompleksowa analiza obiegu węgla i azotu. Uwzględnienie SOC, azotu mineralnego, biomasy mikroorganizmów, wskaźników stechiometrycznych, wilgotności, aktywności enzymatycznej i oddychania wykazało, że brak zmiany DOC nie oznacza braku zmian w funkcjonowaniu gleby. Spadek SOC i wilgotności przy wzroście oddychania może wskazywać na przyspieszenie strat węgla, natomiast wzrost DON i azotanów – na większą mobilność azotu oraz ryzyko jego wymywania lub emisji N_2O . Pozytywnie należy ocenić zastosowanie modeli boosted regression trees, które wyjaśniały 64% zmienności reakcji DOC i 76% reakcji DON. Najważniejszym predyktorem DOC była wilgotność gleby, a DON – zawartość azotu azotanowego. Wyniki wskazują, że wpływ temperatury na DOM jest modyfikowany przez dostępność wody i mineralnych form azotu. Zastrzeżenia budzi miejscami zbyt przyczynowa interpretacja zależności. Modele BRT i regresje wskazują współzmienność i znaczenie predyktorów, lecz nie dowodzą, że zmiany wilgotności bezpośrednio powodują rozdzielenie dynamiki DOC i DON. Podobnie niezmienną zawartość DOC wyjaśniono wzrostem jego produkcji i zużycia, a wzrost DON – ograniczeniem rozkładu, mimo że procesów tych nie mierzono. Należy więc uwzględnić inne mechanizmy, m.in. zmiany uwalniania DOM, pobierania przez rośliny i mikroorganizmy oraz sorpcji. Ostrożności wymaga interpretacja zależności między stosunkiem DOC a zawartością azotu amonowego i azotanowego, ponieważ współczynniki determinacji 0,07 i 0,12 wskazują na niewielką moc wyjaśniającą. Ograniczeniem jest też nierówna liczba obserwacji dla poszczególnych parametrów. Podsumowując, praca II wnosi istotne informacje o odmiennej reakcji DOC i DON na ocieplenie. Jej głównym osiągnięciem jest wykazanie zmian stechiometrii DOM i zwiększonej mobilności azotu mimo braku istotnej zmiany DOC oraz wskazanie wilgotności gleby i azotanów jako głównych moderatorów. Pomimo ograniczeń interpretacyjnych i redakcyjnych pracę należy ocenić pozytywnie.

4.4.3 Effects of agriculture management practices on soil DOC – artykuł III

W trzeciej pracy Doktorantka porównała wpływ siedmiu praktyk rolniczych na zawartość rozpuszczonego węgla organicznego (DOC), stosunek DOC do SOC, plonowanie oraz emisję CO_2 . Analizą objęto nawożenie azotowe, stosowanie słomy, obornika i biowęgla, łączne stosowanie azotu ze słomą lub obornikiem oraz uprawę konserwującą. Wszystkie praktyki zwiększały zawartość DOC, przy czym najsilniejszy efekt uzyskano po łącznym zastosowaniu azotu i obornika, a następnie obornika oraz azotu ze słomą. Największą zaletą pracy jest kompleksowe porównanie praktyk różniących się sposobem dostarczania węgla i azotu oraz stopniem ingerencji w glebę. Wyniki wskazują, że łączne stosowanie mineralnych i organicznych źródeł składników pokarmowych może zwiększać DOC silniej niż stosowanie ich oddzielnie. Istotną wartość poznawczą ma jednoczesna analiza DOC i jego udziału w SOC. Pozwoliła ona wykazać, że biowęgiel zwiększał zawartość DOC, lecz obniżał jego udział w całkowitych zasobach węgla, co może wskazywać na większą akumulację stabilniejszych form materii organicznej. Interpretacja ta wymaga jednak ostrożności, ponieważ stabilizacji węgla nie mierzono bezpośrednio. Pozytywnie należy ocenić wskazanie znaczenia intensywności i czasu stosowania zabiegów. Intensywność była głównym czynnikiem różnicującym reakcję DOC po zastosowaniu obornika, azotu z obornikiem i biowęgla, natomiast czas trwania doświadczenia miał większe znaczenie dla nawożenia azotowego, słomy, azotu ze słomą i uprawy konserwującej. Oryginalnym elementem pracy jest powiązanie zmian DOC z plonowaniem i emisją CO_2 . Wszystkie praktyki zwiększały plony, natomiast większość zabiegów nawozowych podnosiła również emisję CO_2 . Wyniki wskazują zatem, że wzrost DOC może wspierać produktywność gleby, ale jednocześnie wiązać się z intensyfikacją mineralizacji i stratami węgla. W omawianej pracy, dyskusyjne jest wiązanie wzrostu plonów bezpośrednio ze zmianami DOC, ponieważ po nawożeniu azotowym decydujące znaczenie może mieć poprawa dostępności azotu. Podobnie korelacja między DOC i emisją CO_2 nie dowodzi związku przyczynowego, gdyż oba parametry mogą reagować na zwiększony dopływ materii organicznej. Łączne stosowanie azotu i obornika wywołało największy wzrost DOC i plonów, natomiast uprawa konserwująca powodowała najmniejszy wzrost DOC. W mojej opinii ograniczeniem pracy jest nierównomierna liczebność zbiorów danych, szczególnie niewielka liczba badań dotyczących emisji CO_2 , a także zróżnicowanie warunków klimatycznych, glebowych, dawek i czasu trwania doświadczeń. Niemniej jednak praca III stanowi wartościowy i aplikacyjnie istotny element rozprawy. Jej głównym osiągnięciem jest kompleksowe

porównanie praktyk rolniczych oraz wykazanie szczególnej skuteczności łącznego stosowania azotu i obornika. Pomimo ograniczeń interpretacyjnych i metodycznych pracę należy ocenić pozytywnie.

4.4.4 Effects of crop rotation vs monoculture and soil depth on DOMC – artykuł IV

W tej pracy dokonano oceny wpływu systemu uprawy i głębokości profilu na ilość oraz właściwości rozpuszczonej materii organicznej. Badania objęły DOC, DON i DOP w warstwach 0–30, 30–60 i 60–90 cm, w warunkach zmianowania i wieloletniej monokultury pszenicy ozimej. Największą zaletą pracy jest jednocześnie uwzględnienie wszystkich trzech komponentów DOM oraz warstw gleby do 90 cm. Stwierdzono wyraźny spadek DOC, DON i DOP wraz z głębokością, co wskazuje, że położenie w profilu silniejsze kształtowało rozmieszczenie DOM niż system uprawy. Wzrost $SUVA_{280}$ i spadek E4/E6 mogą wskazywać na większy udział związków aromatycznych i humifikowanych w głębszych warstwach. Wyniki podkreślają znaczenie podglebia jako strefy transportu i retencji DOM. Pozytywnie należy ocenić analizę powiązań między obiegiem C, N i P. Wyniki modeli random forest należy interpretować ostrożnie ze względu na niewielką liczbę próbek i ryzyko przeuczenia modelu. Istotną różnicę między zmianowaniem, a monokulturą stwierdzono jedynie dla DOC w warstwie 60–90 cm, natomiast DON i DOP nie różniły się między systemami uprawy. Hipotezę badawczą potwierdzono jedynie w odniesieniu do dominującej roli głębokości, a tylko częściowo w zakresie wpływu systemu uprawy. Wyższej zawartości DOC w głębokiej warstwie monokultury nie można przypisywać wolniejszemu rozkładowi, pogorszeniu stabilności agregatów ani przemieszczaniu DOC, ponieważ procesów tych nie mierzono. Możliwe są też różnice w rozmieszczeniu korzeni, przepływie preferencyjnym i właściwościach mineralnych podglebia. Ostrożności wymaga również interpretacja $SUVA$, E4/E6 i widm VIS–NIR, które są wskaźnikami pośrednimi i nie dowodzą jednoznacznie struktury ani trwałości DOM. Dyskusja powinna uwzględniać niewielką liczbę powtórzeń oraz brak bezpośredniego testu interakcji głębokości i systemu uprawy. Niemniej oceniana praca jest wartościowym i oryginalnym elementem rozprawy. Jej głównym osiągnięciem jest wykazanie dominującej roli głębokości w kształtowaniu DOC, DON i DOP oraz uwzględnienie słabo rozpoznanych warstw podglebia.

4.5 Podsumowanie i Wnioski

W tym rozdziale Doktorantka dokonała syntetycznego zestawienia najważniejszych wyników czterech prac wchodzących w skład monografii. Strukturę rozdziału podporządkowano kolejnym zagadnieniom badawczym, obejmującym wpływ dopływu azotu, ocieplenia klimatu i praktyk rolniczych na rozpuszczoną materię organiczną oraz znaczenie systemu uprawy i głębokości profilu glebowego. Taki układ należy uznać za logiczny i zgodny z celami rozprawy. Autorka uzupełniła tekst licznymi rycinami, które w czytelny sposób podsumowują uzyskane wyniki, przedstawiają najważniejsze zależności oraz ułatwiają prześledzenie powiązań między poszczególnymi częściami pracy. Sformułowane wnioski są zwięzłe, logicznie powiązane z czterema pracami i dobrze oddają główne wyniki rozprawy. W obecnej formie część z nich jednak zbyt stanowczo przedstawia mechanizmy, które nie były mierzone bezpośrednio, lecz zostały wywnioskowane na podstawie zależności statystycznych i literatury.

4.6 Ograniczenia i przyszłe kierunki badań

W tym rozdziale doktorantka trafnie identyfikuje większość najważniejszych ograniczeń rozprawy i proponuje logiczne kierunki dalszych badań. Jego mocną stroną jest bezpośrednie powiązanie ograniczeń metaanaliz z ograniczeniami doświadczenia polowego. Wskazane problemy — niedostatek danych o DOP, dominacja badań warstw powierzchniowych, niejednorodność metod oznaczania DOM, przewaga doświadczeń jednoczynnikowych, pojedyncza lokalizacja badań terenowych, stosowanie wskaźników optycznych oraz brak sezonowego pobierania próbek - rzeczywiście należą do najważniejszych czynników ograniczających zakres wnioskowania. Równie dobrze dobrano przyszłe kierunki badań.

4.7 Spis literatury

Spis literatury liczy 143 pozycje literaturowe. Zdecydowana większość cytowanych pozycji literaturowych została opublikowana w okresie ostatnich 10-20 lat, co potwierdza aktualność i istotę podjętych przez doktorantkę badań. Ponadto szeroki zakres piśmiennictwa świadczy o odczytaniu i dogłębnym przeanalizowaniu wiedzy z zakresu podjętych badań naukowych.

5. Uwagi dyskusyjne i krytyczne

Lektura przedłożonej do recenzji dysertacji nasunęła mi następujące pytania oraz uwagi dyskusyjne i krytyczne:

1. W bazach danych wykorzystano niekiedy wiele obserwacji pochodzących z jednej publikacji lub jednego doświadczenia. Proszę wyjaśnić, w jaki sposób uwzględniono zależność pomiędzy takimi obserwacjami i ograniczono ryzyko pseudoreplikacji. Czy zastosowanie hierarchicznego modelu metaanalitycznego z publikacją lub doświadczeniem jako efektem losowym mogłoby wpłynąć na wartości średnich efektów i szerokość przedziałów ufności?
2. W metaanalizach zestawiono wyniki uzyskane zarówno z roztworu glebowego pobieranego metodami fizycznymi, jak i z ekstrakcji wodnych lub solnych. Proszę przedstawić podstawy przeliczania tych wyników na wspólną skalę oraz ocenić, czy procedura ta nie wprowadzała systematycznego błędu. Czy stężenie DOC w roztworze glebowym i ilość węgla ekstrahowalnego można traktować jako bezpośrednio porównywalne miary tej samej puli?
3. W dyskusji część zależności statystycznych interpretowano jako potwierdzenie określonych mechanizmów, m.in. stabilizacji węgla w MAOC, przyspieszonego obrotu DOC, ograniczenia heterotroficznego pobierania NH_4^+ czy nasilenia nitryfikacji. Proszę wskazać, które z tych procesów zostały rzeczywiście wykazane, a które są jedynie prawdopodobnymi interpretacjami opartymi na literaturze.
4. Podział na regiony wilgotne i niewilgotne pozwolił wykazać przeciwstawne reakcje DOC na dopływ azotu, ale jednocześnie upraszcza duże zróżnicowanie klimatyczne, glebowe i biologiczne analizowanych ekosystemów. Proszę ocenić, w jakim stopniu obserwowane różnice wynikały rzeczywiście z warunków wilgotnościowych, a w jakim mogły być związane z odmienną reprezentacją biomów, typów gleb, roślinności oraz form i dawek stosowanego azotu.
5. Wilgotność gleby została uznana za najważniejszy czynnik kontrolujący reakcję DOC na ocieplenie. Proszę wyjaśnić, czy wynik ten pozwala uznać wilgotność za mechanizm pośredniczący, czy jedynie za najważniejszy predyktor statystyczny. Czy analiza mediacji albo doświadczenia, w których temperatura i wilgotność byłyby kontrolowane niezależnie, mogłyby zmienić interpretację uzyskanych wyników?
6. Autorski wskaźnik wiążący zmiany DOC ze zmianami plonowania i emisji CO_2 jest interesującym elementem pracy, ale jego wartości mogą być niestabilne, gdy efekt DOC jest niewielki lub zmienia znak. Proszę uzasadnić matematyczne i biologiczne podstawy tego wskaźnika. Czy ujemna wartość rzeczywiście oznacza ograniczenie emisji CO_2 , czy jedynie mniejszy względny wzrost emisji w porównaniu ze wzrostem DOC? W jaki sposób można byłoby określić niepewność tego wskaźnika?
7. Doświadczenie polowe obejmowało dwa systemy uprawy, trzy głębokości oraz układ blokowy, przy czym próbki z różnych głębokości pochodziły z tych samych poletek. Proszę uzasadnić zastosowanie jednoczynnikowej analizy wariancji. Czy model mieszany uwzględniający system uprawy, głębokość, ich interakcję i blok nie byłby bardziej odpowiedni?

8. DOM ekstrahowano z próbek wysuszonych powietrznie, a ekstrakcję prowadzono przez 24 godziny. Suszenie może powodować rozpad komórek mikroorganizmów i zwiększać uwalnianie DOC, DON i DOP, natomiast długa ekstrakcja może umożliwiać dalsze przemiany biologiczne. Proszę ocenić, w jakim stopniu uzyskane wartości odzwierciedlają rzeczywiste stężenia DOM w świeżej glebie, a w jakim operacyjnie zdefiniowaną frakcję ekstrahowalną.
9. Wzrost SUVA₂₈₀ i spadek E4/E6 zinterpretowano jako wzrost aromatyczności, humifikacji, masy cząsteczkowej i stabilności DOM. Proszę określić, które z tych cech można wiarygodnie wywnioskować ze wskaźników optycznych, a które wymagałyby zaawansowanych analiz molekularnych.
10. Badania terenowe przeprowadzono w jednej lokalizacji i w jednym terminie pobierania próbek, natomiast istotny wpływ systemu uprawy stwierdzono jedynie dla DOC w warstwie 60–90 cm. Proszę ocenić, na ile uzasadnione jest formułowanie szerszych zaleceń dotyczących monokultury, zmianowania i zarządzania podglebiem. Jak powinien wyglądać kolejny etap badań, aby zweryfikować te zależności w różnych warunkach klimatycznych i glebowych oraz uwzględnić sezonowość, zdarzenia hydrologiczne i rzeczywiste strumienie DOM?

6. Ocena końcowa

Przedstawione w recenzji uwagi nie podważają merytorycznej wartości rozprawy doktorskiej Pani magister Tianjing Ren i mają charakter dyskusyjny. Oceniany zbiór publikacji jest interesujący i charakteryzuje się kompleksowym podejściem do podjętego problemu badawczego. Autorka w pełni zrealizowała postawione w pracy cele i wskazała oryginalne wnioskowanie.

Zgodnie z art. 187 ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 r. (Dz.U z 2018 r., poz. 1668 ze zm.) rozprawa doktorska powinna stanowić oryginalne rozwiązanie problemu naukowego oraz wykazywać ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w danej dyscyplinie naukowej, a także umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Stwierdzam, że przedstawiona praca doktorska jest świadectwem opanowania przez Doktorantkę warsztatu naukowego w stopniu wystarczającym, odpowiada wymaganiom stawianym rozprawom doktorskim według ww. Ustawy i tym samym **kwalfikuje Kandydatkę do uzyskania stopnia doktora Nauk Rolniczych w Dyscyplinie Rolnictwo i Ogrodnictwo**. Zwracam się zatem do Rady Naukowej, Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach z wnioskiem o dopuszczenie Pani mgr Tianjing Ren do dalszych etapów w postępowaniu o nadanie stopnia doktora. W związku z wysokim poziomem merytorycznym ocenianej dysertacji, jej znaczącą wartością poznawczą, oryginalnością podjętej problematyki, poprawnością metodyczną oraz istotnym wkładem Autorki w rozwój dyscypliny, wnoszę do Rady Naukowej, Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach o wyróżnienie przedłożonej rozprawy doktorskiej.

Poznań, dnia 30 czerwiec 2026 r.

prof. UPP dr hab.
Bartłomiej Głina
