

dr hab. Monika Jakubus

Katedra Gleboznawstwa i Ochrony Gruntów

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

RECENZJA

Rozprawy doktorskiej mgr Marka Jakubowskiego

pt *”Wpływ pyłu kamiennego na ograniczenie fitoprzyswajalności miedzi, niklu i cynku z gleb zanieczyszczonych tymi pierwiastkami”*

Tematyka zanieczyszczenia gleb metalami ciężkimi jest szeroko dyskutowana i wciąż aktualna. Mimo, że w warunkach Polski możemy mówić tylko o lokalnym zakresie tego problemu, to jednak wymaga on rozwiązania, bowiem metale należą do mineralnych ksenobiotyków, które nie podlegają rozkładowi i relatywnie łatwo włączane są do łańcucha pokarmowego. W grupie metali ciężkich wyróżnić można pierwiastki będące mikroelementami niezbędnymi dla roślin, jak również takie, które nie odgrywają żadnych fizjologicznych funkcji w metabolizmie roślin, stanowiąc dla nich zagrożenie. Obecność metali w środowisku glebowym, na poziomie ich tła geochemicznego jest naturalnym zjawiskiem. Natomiast o niebezpieczeństwie i negatywnym wpływie na ekosystem można mówić w momencie przekroczenia wartości progowych wywołanych nadmierną kumulacją, współcześnie wynikającą przede wszystkim z antropogenicznej działalności. Koniecznością, na którą wskazuje prawodawstwo europejskie oraz polskie jest oczyszczenie takich obszarów z metali ciężkich i przywracanie glebie utraconej wartości. W tym celu proponuje się szereg metod w mniej lub bardziej inwazyjnym stopniu ingerujących w ekosystem. Wybór techniki podyktowany jest wieloma czynnikami, ale z uwagi na fakt oddziaływania na różne elementy środowiska, koncentrować się powinno na tych, które są jemu przyjazne, a wykorzystujących rośliny czy substancje stabilizujące pierwiastki.

Przedłożona dysertacja wpisuje się w tego typu narrację naukową poruszając problematykę gleb zanieczyszczonych miedzią, niklem oraz cynkiem i ich następczego oddziaływania na rośliny w warunkach stosowanego pyłu kamiennego. Możliwość wykorzystania pyłu kamiennego, jako potencjalnego czynnika modyfikującego

fitoprzyswajalność wymienionych metali oraz mozgi trzcinowatej jako propozycji rośliny fitoremediacyjnej podjęta w niniejszej pracy stanowi aktualny nurt w badaniach środowiskowych. Za nowatorskie aspekty dysertacji należy uznać holistyczne podejście do analizowanej problematyki, a pozwalające na ocenę oddziaływań zastosowanego pyłu kamiennego na glebę, roślinę i ostatecznie metale. W tym miejscu należy podkreślić interesujący wybór substancji mineralnej w postaci wspomnianego pyłu kamiennego, rzadko wykorzystywanego w praktyce. Istotnym elementem badań z tym materiałem jest fakt, że jako odpad zgodnie z filozofią gospodarki o obiegu zamkniętym ma możliwość być racjonalnie zagospodarowanym i to na rzecz ochrony środowiska glebowego. Cennym aspektem pracy, znacznie podnoszącym jej wartość jest wykorzystanie wskaźników tolerancji, bioakumulacji i translokacji do oceny reakcji rośliny testowej na zmodyfikowane warunki glebowe. Pomimo, że zastosowane indeksy są dobrze znane, sporadycznie są wykorzystywane jako pomocne narzędzie interpretacyjne i ułatwiające wnioskowanie, co w przedłożonej rozprawie doktorskiej w umiejętny sposób zostało wykorzystane. W pracy skoncentrowano się na:

1. analizie efektywności oddziaływania pyłu kamiennego na wybrane właściwości fizyczne (gęstość objętościowa i właściwa, porowatość, powierzchnia właściwa, polowa pojemność wodna) i fizykochemiczne gleby (odczyn, kwasowość hydrolityczna, ilość kationów wymiennych, suma zasad, pojemność sorpcyjna) oraz

2. określeniu reakcji rośliny testowej uprawianej na glebie zanieczyszczonej miedzią, niklem i cynkiem w warunkach zastosowanego pyłu kamiennego dokonanej w oparciu o plony roślin, ich skład chemiczny uwzględniający ilości makro i mikrośladników oraz wskaźniki tolerancji, bioakumulacji i translokacji.

Założenia zostały zrealizowane na bazie doświadczenia laboratoryjnego dotyczące wpływu pyłu kamiennego na właściwości fizyczne gleby oraz mikropoletkowego trwającego 2 lata z mozga trzcinowatą, jako rośliną testową.

Na podstawie uzyskanych danych Autor przede wszystkim dowiódł ograniczonej przydatności pyłu kamiennego w ewentualnej poprawie właściwości fizycznych i fizykochemicznych gleby. Również wykazano, że efektywność dodanego substratu mineralnego jako czynnika ograniczającego fitoprzyswajalność metali należy interpretować z ostrożnością, ponieważ pozytywne reakcje mozgi trzcinowatej jedynie wybiórczo zostały odnotowane. Niezależnie od tego należy podkreślić znaczną wartość poznawczą przeprowadzonych badań, dzięki którym wiedza na temat alternatywnych substancji stabilizujących metale ciężkie w glebie została w wyraźny sposób poszerzona.

Formalna strona pracy

Przedłożona do oceny rozprawa ma konwencjonalny układ i została przygotowana według ogólnie przyjętych zasad pisania prac o charakterze naukowym. Wyróżniamy osiem następujących rozdziałów: Wstęp, Przegląd literatury, Metodykę badań, Wyniki, Podsumowanie i Dyskusje, Wnioski, Bibliografię oraz Streszczenie. Dodatkowo zamieszczono Abstract. Całość mieści się na 87 stronach, w tym wyróżniamy 33 tabele oraz 5 rycin. Bibliografia obejmuje 125 oryginalne prace, 16 książek, 5 aktów prawnych, 2 normy laboratoryjne. Połowa cytowanych prac jest anglojęzyczna, a 30 % prezentuje wiedzę z ostatnich 10 lat. 4 pozycje pomimo ich zamieszczenia w spisie literatury nie zostały zacytowane.

Pod względem edytorskim praca przygotowana prawidłowo, choć przy słabej stylistyce języka polskiego, co wyrażone zostało częstym powtarzaniem tych samych zwrotów i sformułowań, szczególnie uwidocznionych w rozdziale Wyniki. Ponadto Autor powszechnie używa pewnych skrótów myślowych, co należy uznać za nieodpowiednie do charakteru i treści pracy. Nagminnie w rozprawie stosowane są następujące błędne sformułowania:

- „*Spadek zawartości*” – powinno być: obniżenie lub zmniejszenie
- *Obiekt bez/z pyłem* – powinno być: gleba bez/z dodatku pyłu, gleba wzbogacona pyłem kamiennym
- *Najniższa, najwyższa zawartość*- powinno być: mała, duża, większa, mniejsza zawartość
- *Dodatek pyłu spowodował ...* - powinno być: pył dodany do gleby spowodował
- *Plon części nadziemnej mozgi, plon korzeni* – powinno być: plon roślin, a masa korzeni
- *Indeksy tolerancji były niższe*- powinno być: wartości indeksów tolerancji były mniejsze
- *W I pokosie zawartość wynosiła...* – powinno być: zawartość określona w roślinach z I pokosu wynosiła....
- *BAF_n na Cu₁ był taki sam...* – powinno być: wartość BAF_n na glebie zanieczyszczonej Cu na poziomie 251 mg·kg⁻¹ była taka sama....

Merytoryczna ocena pracy

Rozprawa została przygotowana w oparciu o oryginalne wyniki uzyskane z doświadczeń. Ogólna koncepcja pracy oraz jej schemat jest poprawny. Praca rozpoczyna się od wstępu zakończonego celami pracy. W przeglądzie literatury podzielonym na 6 podrozdziałów w logiczny sposób przybliżono tematykę związaną z obecnością metali ciężkich w środowisku, ich toksycznemu oddziaływaniu na organizmy żywe, czynnikami warunkującymi mobilność metali w glebie oraz finalnie zaprezentowano aktualny stan wiedzy

w zakresie metod remediacyjnych. W rozdziale „Metodyka badań” w skrótowy sposób zaprezentowano opis badań fizykochemicznych pyłu kamiennego oraz doświadczenia mikropoletkowego. Wyniki badań zawarte zostały w postaci 4 podrozdziałów, w indywidualny sposób odnoszące się do analizy wpływu pyłu kamiennego na właściwości fizyczne wykorzystanej gleby do doświadczeń oraz jego remediacyjnego efektu w warunkach gleby zanieczyszczonej miedzią, niklem i cynkiem wyrażonego poprzez ocenę reakcji rośliny testowej – mozgi trzcinowatej. Ewaluacji dokonano w oparciu o plony roślin zestawione indywidualnie dla 2 lat, jak i w ich uśrednieniu, a istotność zaobserwowanych zmian potwierdzono statystycznie stosując test Tukey’a i wyznaczając grupy jednorodne. Ponadto analizie poddano skład chemiczny roślin oraz jej zdolności fitoremediacyjne w stosunku do poszczególnych metali posługując się w tym zakresie indeksami tolerancji, współczynnikami bioakumulacji metali w części nadziemnej oraz korzeniach, a także współczynnikami translokacji. Konfrontacje uzyskanych danych z literaturą Autor częściowo podjął już w rozdziale Wyniki, co należy uznać za niewłaściwe, a kontynuował w rozdziale Podsumowanie i Dyskusja, który *de facto* bardziej był rekapitulacją uzyskanych wyników niż ich rzeczywistą dyskusją. Zwieńczeniem pracy jest rozdział Wnioski, składający się z 6 punktów, stanowiących kwintesencję badań i trafnie sformułowanych wniosków, choć treści zawarte w 5 i 6 wniosku stanowią w pewnym sensie wzajemnie powielone myśli.

Lektura dysertacji pozwala stwierdzić, że postawione cele zostały zrealizowane, a teza badawcza zweryfikowana. Zgromadzone dane zostały w syntetyczny sposób opracowane i zaprezentowane. Niezależnie od pozytywnej oceny przedłożonej rozprawy doktorskiej, Autor nie uniknął pewnych nieścisłości i niedoskonałości, które wymagają dopracowania i wyjaśnienia. Poniżej zamieszczam, te najbardziej rażące:

1. W tytule pracy jest informacja o glebach, tymczasem w pracy mowa jest tylko o jednej glebie sklasyfikowanej według PTG (2008) jako piasek gliniasty. Także tytuł pracy w pełni nie odzwierciedla założonych celów rozprawy, gdzie jak czytamy (str. 5) ‘było sprawdzenie reakcji rośliny na zanieczyszczenie gleby wymienionymi metalami oraz na zastosowany dodatek odpadowego pyłu skalnego do gleby, a także zbadanie jego wpływu na zmianę właściwości fizykochemicznych gleby’. W moim odczuciu badania w małym stopniu odnosiły się do oceny tytułowego ograniczenia fitoprzyswajalności miedzi, niklu i cynku, a przede wszystkim były skoncentrowane na szeroko rozumianej reakcji rośliny na zanieczyszczenie gleby poszczególnymi metalami w zmodyfikowanych warunkach poprzez dodatek odpadowego pyłu kamiennego, o czym mówi cel pracy zamieszczony na stronie 5.

2. Cele pracy powinny być usystematyzowane, tak jak są one kolejno omawiane w rozprawie i dla lepszej czytelności powinny być wypunktowane.

3. Powszechnie uważa się, że rozdział Materiał i metody w pracach naukowych powinien być bardzo dokładnie i precyzyjnie opisany, tak aby umożliwić potencjalnemu zainteresowanemu powtórkę eksperymentu. Opierając się o wytyczne z niniejszej pracy byłoby to trudne, ponieważ przekaz zawarty w Metodyce badań jest nieprzejrzysty. Tytuł podrozdziału „Badania fizykochemiczne pyłu kamiennego” jest niespójny, ponieważ poza metodami przyjętymi do charakterystyki pyłu, również zawiera informacje dotyczące schematu doświadczenia gleby zmieszanej z pyłem w różnych proporcjach, jak i prezentuje część wykorzystanych metod do oceny właściwości przygotowanych mieszanek. Czytelniej byłoby wprowadzić podział na adekwatne sekcje. Jeżeli Autor posługuje się sformułowaniem „odpadowy pył kamienny (skalny)” powinien usystematyzować jego miejsce jako odpadu podając numer katalogowy według Rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie katalogu odpadów (Dz. U. 2014, poz. 1923).

Opis doświadczenia dotyczącego poszczególnych mieszanek gleby z pyłem jest fragmentaryczny i niespójny. Wprawdzie dowiadujemy się, że glebę pobrano z „mikropoetek z każdego powtórzenia obiektu kontrolnego”, ale brak jest szczegółowych informacji na temat samej gleby, liczby powtórzeń obiektu kontrolnego, lokalizacji mikropoetek oraz miejsca gdzie wykonano ten typ doświadczenia. Tych informacji można się tylko domyślać z lektury następnego podrozdziału, a dotyczącego doświadczenia mikropoetkowego. Ponadto Autor nie zamieścił ani jednej metody, jaka została wykorzystana do oceny właściwości fizykochemicznych gleby, a które są omawiane w tabelach 7 (str. 39), 16 (str. 47), 25 (str. 57) takich jak: odczyn, suma zasad, kwasowość hydrolityczna, pojemność sorpcyjna czy ilość kationów wymiennych. Również brakuje metody zastosowanej do oznaczenia ilości SiO_2 w pyłe odpadowym czy oceniającej porowatość przygotowanych mieszanek oraz pojemności polowej czy wody bardzo łatwo dostępnej. Nasuwa się pytanie o celowość zastosowania takich proporcji gleby i pyłu kamiennego. Czym kierował się Autor przy takim doborze proporcji i czy przyjęte proporcje oparte były o suche masy ?

Treści składające się na podrozdział „Doświadczenie mikropoetkowe” są bardziej komunikatywne, aczkolwiek wymagają doprecyzowania w kilku kwestiach:

- W jakich formach i w jakich dawkach gleba została skażona miedzią, niklem i cynkiem. Wprawdzie o formach chemicznych metali zastosowanych w doświadczeniu odbiorca dowiaduje się w dyskusji (str. 67), a ich ogólne i

rozpuszczalne zawartości zostały podane w tabeli 4, to jednak warto takie informacje doprecyzować.

- W ilu powtórzeniach była wykonana każda kombinacja doświadczenia.
- Brak podanej normy ISO dla *Aqua regia*.
- Brak podanego źródła według którego nastąpiło obliczenie indeksu tolerancji i współczynnika translokacji.
- Brak podstawowych informacji związanych z warunkami meteorologicznymi panującymi w trakcie wegetacji roślin.

4. Tytuł podrozdziału „Właściwości fizykochemiczne pyłu kamiennego” stanowiącego rozdział Wyniki jest nieodpowiedni, bowiem nie tylko koncentruje się na tyłowych właściwościach, lecz również na wpływie pyłu na właściwości fizyczne gleby. Za niepoprawne należy uznać zamieszczanie w rozdziale Wyniki, gdzie następuje ich prezentacja i omówienie, elementów dyskusji, co ma miejsce w recenzowanej rozprawie, a przykłady można znaleźć na stronie 34, 35, 37, 45 oraz 54. Ponadto niejasne jest dlaczego Autor cytuje Turskiego i in. (2005) na końcu zdania, prezentującego wyniki z badań własnych (str. 36). Podpis pod ryciną 2 jest niewłaściwy, ponieważ nie prezentuje wybranych właściwości wodnych mieszanin gleby z pyłem kamiennym, a zależność między zawartością wody łatwo dostępnej czy połową pojemnością wodną a dodaną do gleby w różnych proporcjach substancją mineralną.

5. Pozostała część rozdziału Wyniki byłaby bardziej wartościowa, gdyby dane zamieszczone w tabelach: 7, 12, 13, 15, 16, 21, 22, 23, 24, 25, 30, 31, 33 zostały opracowane pod względem statystycznym. Przy braku takiej analizy trudno w autorytatywny sposób mówić o zaobserwowanych kierunkach zmianach, a pewne stwierdzenia są nieuprawomocnione i mają jedynie przypuszczalny charakter. Za niewłaściwe należy uznać powielanie danych zamieszczanych zarówno w tabeli, jak i na rycinie, co miało miejsce w przypadku: tabeli 9 (wartości dotyczące masy korzeni) i tabeli 10 (sumaryczna wartość plonu mozgi), które dodatkowo zostały ujęte w formie graficznej (rycina 3). Podobna sytuacja dotyczyła tabel 18 i 19 i ryciny 4 oraz tabel 27 i 28 i ryciny 5. Autor powinien zdecydować się na jedną formę prezentacji danych, tym bardziej, że przy ich omawianiu w obecnej, podwójnej wersji, następowało powielanie myśli.

6. Pewien niedosyt pozostawia lektura V rozdziału (Podsumowanie i dyskusja), gdzie z pewnością nastąpiło podsumowanie uzyskanych wyników, jednak słabo zostały

przedyskutowane i zinterpretowane. W tym kontekście nasuwa się kilka pytań wymagających wyjaśnienia, a ściśle związanych z celami dysertacji.

- Jak należy wyjaśnić fakt dualnego charakteru działania pyłu kamiennego ujawnionego w ograniczeniu transportu Cu z korzeni do części nadziemnej mozgi przy jednoczesnej zwiększonej translokacji Ni i Zn ? Z czego wynikać mogła taka reakcja ? Co mówią na ten temat dane literaturowe ?
- Jak należy zrozumieć stwierdzenie, że pył modyfikował warunki pobierania metali, czego egzemplifikacją były zmienne wartości BAF_n oraz BAF_k ? Zjawisko to szczególnie zostało ujawnione dla Zn, którym gleba była zanieczyszczona w stopniu średnim, a kierunek zmian wartości wspomnianych indeksów określonych dla roślin reprezentujących kombinacje od Zn1 do Zn3 nie był jednakowy.
- Jak należy wytłumaczyć i czym spowodowana została bardzo duża zawartość Ni i Zn w badanych organach rośliny wobec stosunkowo małej ilości w glebie. Szacunkowe pobranie (obliczone przeze mnie na podstawie średnich) wahało się od 2 do 30 mg Ni oraz od 34 do 650 mg, co często przekraczało ilości określone w glebie.

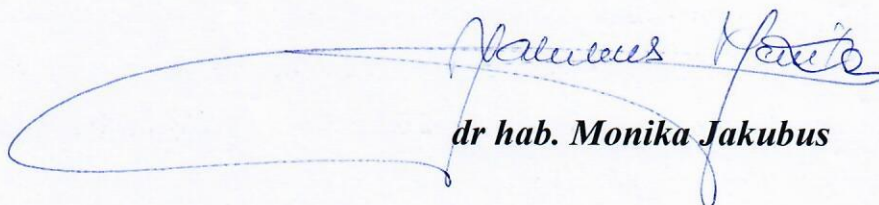
Ponadto na stronie 67 tekst w linii 11 rozpoczynający się od słów „Zdaniem Kaszubkiewicza i in. (2011) aż do pyłem kamiennym” jest powtórzony ze strony 37 tejże dysertacji. Na stronie 70 (5 linia od dołu) prawdopodobnie błędnie została zacytowana literatura.

7. Ostatni, integralnie związany z przeprowadzonymi eksperymentami rozdział – Wnioski stanowi swoistą rekapitulację pracy Autora. Jak wcześniej wspomniano treści wniosków numer 5 i 6 częściowo wzajemnie się powielają i z powodzeniem mogły być przeredagowane w jeden bardziej spójny wniosek. Na bazie wniosków nasuwają się następujące pytania:

- Czy zasadnym jest tak jednoznaczne stwierdzenie, że pył kamienny negatywnie wpływał na właściwości glebowe i modyfikował stopień dostępności metali dla roślin skoro sam Autor przyznaje, że był to „zaledwie 1% w stosunku do masy gleby, jaka znajdowała się do głębokości 20 cm na poletku o powierzchni 1 m²” (str. 67), a w pracy nie ma potwierdzenia statystycznego takich zmian.
- Mając na uwadze praktyczny aspekt badań interesuje mnie zdanie Autora czy poleciłby mozgę trzcinowąta bardziej jako roślinę fitostabilizującą metale czy raczej o lepszej przydatności do ich fitoekstrakcji ? Jakich argumentów użyłby Pan

do wybrania właśnie tej rośliny, a nie innej, charakteryzującej się większą efektywnością w fitoremediacji terenów zanieczyszczonych metalami ciężkimi ?

Podsumowując pracę doktorską Pana mgr Marka Jakubowskiego pt. „Wpływ pyłu kamiennego na ograniczenie fitoprzyswajalności miedzi, niklu i cynku z gleb zanieczyszczonych tymi pierwiastkami” oceniam pozytywnie, a materiał tam zgromadzony prezentuje oryginalne rozwiązanie problemu naukowego i zawiera istotne informacje dla nauki, stanowiąc ważny materiał źródłowy. Niezależnie od zamieszczonych w niniejszej Recenzji uwag, które należy traktować w kategoriach pomocniczych przy redagowaniu pracy na potrzeby publikacyjne, należy stwierdzić, że praca spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim, o których mowa w Ustawie o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 roku z późniejszymi zmianami (Dz.U. 2017, poz.859). W związku z powyższym **przedkładam wniosek do Rady Naukowej Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach o dopuszczenie pana mgr Marka Jakubowskiego do dalszego toku przewodu doktorskiego poprzez przyjęcie dysertacji i wyrażenie zgody na jej publiczną obronę.**



dr hab. Monika Jakubus