

dr hab. inż. prof. UR Czesław Puchalski
Uniwersytet Rzeszowski
Wydział Biologiczno-Rolniczy
Zakład Technologii Bioenergetycznych

Rzeszów, 24.09.2015

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Małgorzaty Szostek

pt.: „ODDZIAŁYWANIE OSADÓW ŚCIEKOWYCH NA WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI
ODŁOGOWANEJ GLEBY PYŁOWEJ W WARUNKACH UPRAWY TOPINAMBURU”
(*Helianthus tuberosus* L.)

Ogólna charakterystyka pracy

Rozprawa doktorska mgr inż. Małgorzaty Szostek pt. „Oddziaływanie osadów ściekowych na wybrane właściwości odłogowanej gleby pyłowej w warunkach uprawy topinamburu” została wykonana w Katedrze Gleboznawstwa, Chemii Środowiska i Hydrologii na Wydziale Biologiczno-Rolniczym UR. Promotorem pracy jest prof. dr hab. inż. Janina Kaniuczak. Praca doktorska została wydana w formie zwanego, oprawionego maszynopisu. Zawiera ona 254 stron maszynopisu, aneks z zestawieniami efektów statystycznych oraz załącznik na płycie CD.

Tematyka pracy

Tematyka rozprawy doktorskiej koncentruje się na zagadnieniu wykorzystania osadów ściekowych w rolnictwie.

Omawiana problematyka ma duże znaczenie zarówno poznawcze, jak i użytkowe. Rolnicze wykorzystanie osadów ściekowych ma coraz więcej zwolenników, o czym dowodzą podejmowane w ostatnim okresie badania wielu autorów. Wskazują oni z jednej strony na konieczność zagospodarowania odpadów poprodukcyjnych, natomiast z drugiej strony wykazują walory tych osadów w zakresie stanowienia cennego źródła zawartości składników mineralnych. Zakwalifikowanie osadów do użytku rolniczego pociąga za sobą wymagania, które muszą spełniać zarówno grunty rolnicze jak i uprawiane rośliny. Ta tematyka również znalazła odbicie w recenzowanej pracy doktorskiej.

O wadze podejmowanej tematyki niech świadczą dane: w ciągu roku 2013 wyprodukowano ok. 1 mln ton suchej masy osadów ściekowych. Z tej ilości zaledwie 15% znalazło

zastosowanie w rolnictwie głównie do rekultywacji terenu. Pozostała część zalega na składowiskach zanieczyszczając środowisko.

Reasumując podjęta tematyka pracy ma bardzo ważne znaczenie naukowe jak i wychodzi naprzeciw potrzebom gospodarki rozwiązując problem rolniczego wykorzystania osadów ściekowych. W tej rozwiązywanej problematyce znajdują się również zagadnienia związane z klasyfikacją osadów, oceną ryzyka ich negatywnego wpływu na glebę i roślinę.

Wartość naukowa pracy

Przedstawiona rozprawa rozpoczyna się krótkim wprowadzeniem zamieszczonym w rozdziale **Wstęp**, w którym Doktorantka uzasadniła w stopniu wystarczającym istotę i znaczenie podjętych badań, silnie akcentując doświadczenia w tym zakresie innych badaczy. Hipoteza naukowa sformułowana w pracy stwierdza, że osady ściekowe są cennym źródłem różnego rodzaju składników mających charakter nawozowy. Wprowadzenie osadów ściekowych w formie wkładki o różnej miąższości korzystnie wpłynie na właściwości fizykochemiczne i chemiczne odłogowane gleby. Założona plantacja topinamburu charakteryzuje się dużym potencjałem plonowania.

Doktorantka postawiła dwa zasadnicze cele do wykonania:

- ocena wpływu osadów ściekowych zastosowanych do agromelioracji odłogowanej gleby pyłowej na jej właściwości fizykochemiczne i chemiczne,
- zbadanie wpływu osadów ściekowych na plon nadziemnych części topinamburu i ich skład chemiczny z uwzględnieniem bioakumulacji wybranych pierwiastków śladowych.

Hipotezy i cele badawcze zostały poprawnie sformułowane, w całości wystarczającym stopniu kompletności.

W rozdziale **Przegląd literatury** Doktorantka zawarła kompendium wiedzy dotyczącej uwarunkowań, możliwości i zagrożeń wynikających z wykorzystania osadów ściekowych. W pierwszej części przeglądu literatury znalazły się następujące zagadnienia, istotne z punktu widzenia podejmowanej tematyki: powstawanie osadów ściekowych, gospodarka osadami ściekowymi, przyrodnicze wykorzystanie osadów ściekowych, regulacje prawne dotyczące przyrodniczego wykorzystania osadów ściekowych. W drugiej części tego rozdziału Doktorantka w sposób wyczerpujący przedstawiła tematykę związaną z charakterystyką osadów ściekowych i ich wpływu na właściwości gleby. Omówiła na podstawie bogato zebranej literatury, zawartość substancji organicznej, makroelementów, metali ciężkich, zanieczyszczeń organicznych. Na uwagę zasługuje zaprezentowana tematyka: higieniczno-sanitarne właściwości osadów ściekowych. W zakresie tej tematyki

wyszczególniono typowe bakterie, wirusy i pasożyty występujące w osadach ściekowych, które wywołują choroby, różnego typu schorzenia u człowieka. Istotną tematyką z punktu widzenia realizacji podjętej pracy jest zgromadzenie wiedzy i doświadczenia dotyczącego przyrodniczego wykorzystania osadów ściekowych w rewitalizacji gleb odłogowanych i produkcji biomasy z roślin energetycznych.

W końcowej części tego rozdziału Doktorantka przedstawiła rezultaty innych autorów w zakresie możliwości wykorzystania topinamburu do uprawy na glebach odłogowanych na cele energetyczne.

Zakres i układ tej części pracy zasadniczo nie budzą zastrzeżeń. Treści zawarte w tym rozdziale stanowią bogaty materiał, który po zwartym uporządkowaniu może być wykorzystany do publikacji przeglądowej.

Rozdział **Materiały i metody** zawiera opisy badań terenowych, ogólną charakterystykę terenu badań, charakterystykę gleby przed założeniem doświadczenia, charakterystykę osadu ściekowego, warunki pogodowe. W tej części rozdziału warunki siedliskowe zostały w pełni opisane, z wystarczającą ilością danych potrzebnych do zaprezentowania terenu badań. W następnej części tego rozdziału zaprezentowano szczegółowe czynności metodologiczne związane z założeniem doświadczenia oraz metodologię pomiarów terenowych i laboratoryjnych. Metody analiz laboratoryjnych Doktorantka podzieliła na trzy zasadnicze grupy związane z analizą gleby, osadów ściekowych i materiału roślinnego.

Rozdział ten zawiera kompendium na temat warunków, procedur przejrzyste opisanych oraz stosowanych metod pomiaru. Prezentację tę można by było uzupełnić o schematyczny plan doświadczenia obrazujący wieloletnie badania za zmiennymi czynnikami.

Rozdział **Wyniki badań** Doktorantka podzieliła na sześć podrozdziałów, wyróżniając wpływ agromelioracji osadami ściekowymi na: odczyn gleby i kwasowość hydrolityczną, zawartość węgla organicznego i azotu ogółem, kształtowanie się stosunku C:N, zawartość wymiennych kationów zasadowych, na zawartość przyswajalnych form makroelementów, na ogólną zawartość oraz skład frakcyjny Mn, Zn, Cu, i Pb, na plon i skład chemiczny nadziemnych części topinamburu (Mn, Zn, Cu, i Pb). Wyniki badań zestawiono w 27 tabelach i 22 ryc. w części podstawowej oraz w 42 tabelach w aneksie. Zaprezentowane wyniki badań zróżnicowane były w zależności od miąższości wkładki osadów ściekowych, głębokości jej zalegania w okresie badawczym od 2006 do 2011. Doktorantka opisała zmienności

podstawowych badanych parametrów podając ich wartości średnie, zakres zmienności (wartości min i max), współczynnik zmienności oraz odchylenia standardowe.

Zastosowane metody opracowania wyników jak również dobrany aparat analiz statystycznych zasługują na szczególne podkreślenie. Opis wyników badań jest kompletny, adekwatny do prezentowanych wyników w formie tabel i wykresów. Doktorantka zbadała istotność wpływu badanych czynników za pomocą analizy wariancji ANOVA jednoczynnikowej, Należy zaznaczyć (o czym wspomina autor na str. 52), że przy stosowaniu tej metody muszą być spełnione następujące założenia: rozkład zmiennej zależnej jest rozkładem normalnym, zachowana jest jednorodność wariancji pomiędzy porównywanymi grupami, analizowane grupy są równoliczne. Doktorantka wybrała i prawidłowo zastosowała kilka testów wielokrotnych porównań, zwanych testami grupowań jednorodnych dla równych wariancji, post hoc Tuckeya oraz Dunetta. W przypadku stwierdzonego braku rozkładu normalnego Doktorantka użyła testu nieparametrycznego Kruskala-Wallisa. Wyniki porównywalnych testów zestawiała w tabelach zamieszczonych w aneksie.

Prezentowane tabele oraz wykresy z wynikami badań są kompletne i w pełni czytelne w zakresie podanych informacji. Wyjątek stanowi grupa wykresów, ryc. 15, 17, 19, 21, 23, zatytułowanych „udział poszczególnych frakcji..... w zawartości ogólnej w zależności od miąższości zastosowanej wkładki osadów ściekowych”, w których pominięto oznaczenie jednostki w profilach oraz objaśnienia dotyczące rodzaju frakcji, którą oznaczono odmiennie jak w metodyce - małą literą f (co może sugerować o wystąpieniu innego parametru).

Kolejny rozdział w pracy **Omówienie i dyskusja wyników badań**, w którym Doktorantka konfrontuje uzyskane wyniki z badaniami innych autorów. Bardzo obszerny rozdział został omówiony w czterech podrozdziałach grupujących zasadnicze efekty zastosowania osadów ściekowych: wpływ agromelioracji osadami ściekowymi na zakwaszenie odłogowanej gleby, na zawartość węgla organicznego i azotu ogółem, stosunku C:N, zawartość wymiennych kationów zasadowych, na zawartość oraz skład frakcyjny pierwiastków, na plon i skład chemiczny nadziemnych części topinamburu. Wyniki badań zostały uszeregowane w podobnej strukturze prezentowanej w rozdziale wyniki badań. Wynikało to prawdopodobnie z dużego obszaru badawczego i ogromnej ilości uzyskanych wyników. Przy omawianiu wyników badań Doktorantka bezpośrednio porównała swoje osiągnięcia z innymi badaczami. Niewątpliwym osiągnięciem w pracy jest interpretacja wyników badań, w której przedstawiono próby wyjaśnienia otrzymanych zmienności, kumulacji pierwiastków w glebie, roślinie (pędy, liście) oraz ich migracji. Sugeruję, aby w

dalszych opracowaniach przygotowywanych do publikacji znalazły się analizy porównawcze obejmujące jednocześnie glebę jako siedlisko oraz roślinę. Próby szukania wzajemnych korelacji między środowiskiem a rośliną przyczyniłyby się do opracowania mechanizmu migracji pierwiastków, z którym to problemem mierzy się współczesna cywilizacja.

Zakończeniem części merytorycznej pracy są **Wnioski**, które dają w pełni odpowiedź pozwalającą na przyjęcie postawionej na początku pracy hipotezy badawczej. Postawione cele pracy zostały w całości zrealizowane.

Doktorantka sformułowała 19 wniosków, które wynikają bezpośrednio z przeprowadzonej analizy i w pełni zostały udokumentowane uzyskanymi wynikami badań. 12 wniosków odnosiło się do szeroko rozumianego środowiska glebowego, 5 do rośliny, którą był Topinambur, 1 wniosek dotyczył charakterystyki zastosowanych osadów ściekowych.

Jako pierwszy sformułowany wniosek odnosił się do możliwości wykorzystania osadów ściekowych z biologicznej oczyszczalni typu „LEMNA”, które pod względem mikrobiologicznym nie mogły być wykorzystane rolniczo. Następny wniosek dotyczył odłogowanej gleby pyłowej, jej zasobności oraz oceny w zakresie wykorzystania do uprawy biomasy. Pozostałe wnioski wynikały z zastosowania osadów ściekowych, oceny uprawianej rośliny jak i środowiska glebowego. Bardzo cenne uwagi odnoszą się do Topinamburu jako rośliny zdolnej do fitoekstrakcji pierwiastków z gleby. Niezmiernie ważnym osiągnięciem Doktorantki jest wykonanie analizy gleby w wielu wymiarach po agromelioracji osadami ściekowymi. Charakterystyka gleby obejmowała jej kwasowość, zawartość węgla, azotu, wymiennych kationów zasadowych, przyswajalnych pierwiastków, mikroelementów, toksycznych metali ciężkich. Wszystkie elementy strukturalne gleby, które są ważne z punktu widzenia siedliska rośliny zostały przez Doktorantkę skrupulatnie przebadane. W przypadku pierwiastków toksycznych przeanalizowano ich frakcje mobilne i fito przyswajalne. Ma to istotne znaczenie dla oceny zdrowotności gleby wiedząc że, nadmiar niektórych pierwiastków może przyczynić się do destabilizacji homeostazy tego środowiska. We wszystkich sformułowanych wnioskach precyzyjnie określono granice zmienności analizowanych czynników, krytyczne oraz dopuszczalne warunki bioakumulacji pierwiastków, zarówno w roślinie jak i w glebie. 3 postawione wnioski odbiegają od tej zasady, natomiast w jednym przypadku (wniosek 8) wskazane by było jego doprecyzowanie w zakresie tzw. zawartości normalnych, granicznych oraz objawów toksyczności. Nie ma to jednak istotnego wpływu na wartość merytoryczną wniosku.

W ostatnim rozdziale w pracy **Spis Literatury**, Doktorantka zamieściła 301 pozycji literatury zarówno polskiej jak i obcojęzycznej. Głównie są to czasopisma oraz 6 pozycji książkowych, ponadto Roczniki Statystyczne, Dz. U., PN w zakresie metod analiz chemicznych. Bardzo bogata literatura, obejmuje ona zarówno treści merytoryczne ściśle wiążące się tematem dysertacji, jak i różnego typu Rozporządzenia Ministra, Dyrektywy, Ustawy, które mają na celu sformułowanie pod względem prawnym dopuszczalność stosowania osadów ściekowych, zapobieganie szkodom w środowisku. Doktorantka poprawnie i z wielką starannością dobrała i zestawiała literaturę, która odnosi się do szeroko rozumianego środowiska glebowego, zawartości pierwiastków „przyswajalnych, metali ciężkich, składu chemicznego osadów ściekowych jak i rośliny (Topinambur, Miskant, Życica Wielokwiatowa) nawożonej osadami ściekowymi.

Literatura jest właściwie wykorzystana oraz cytowana. Doktorantka musiała wykazać się olbrzymim zaangażowaniem oraz skrupulatnością w zgromadzeniu tak obszernej literatury, jej uporządkowania, opracowania a następnie zredagowania. W tej sytuacji trudno ustrzec się błędu, który nie rzutuje na obniżenie wartości tego opracowania: np. brak w spisie literatury pozycji cytowanej na str. 219 (Pikuła 2008), w pozycji Bravo-Martin-Consuegra 2015 zamieszczonej na str.174 brak wyszczególnienia „i in.”, oraz drobne literówki np. na str. 216 w cyt. Kabata-Pendas i Pendas 1999.

Opracowanie redakcyjne

Praca jest starannie przygotowana, zawiera logiczny układ rozdziałów. Proporcje między rozdziałami są właściwie wyakcentowane (np. wyniki badań stanowią ponad 50% całości pracy, natomiast wstęp i przegląd literatury - ok. 20%).

Zastosowana terminologia w pracy jest poprawna, informacje zawarte w zestawieniach wyników badań są kompletne. Praca napisana jest poprawnym, zrozumiałym językiem. Czytelnik jest w stanie w pełni kontrolować zgodność opisów, formułowanych wniosków z danymi rezultatami prezentowanymi na wykresach, tabelach, załącznikach. Forma opracowania pracy umożliwia czytelnikowi zgromadzenie skompensowanej wiedzy na temat oddziaływania osadów ściekowych na glebę i na roślinę.

Praca zawiera nieliczne błędy redakcyjne, które nie obniżają jej wartości merytorycznej. Między innymi w ujęciu ogólnym, brak zgodności numeracji stron wykazanych w spisie treści, dotyczą one podrozdziałów badania terenowe i założenie doświadczenia polowego, w spisie treści pojawiające się powtórzenia oraz inne zauważone usterki redakcyjne wyszczególnione przy ocenie poszczególnych rozdziałów.

Wniosek końcowy

W recenzowanej rozprawie Doktorantka uzyskała wiele nowych, interesujących rezultatów o dużym znaczeniu naukowym i aplikacyjnym. Do najważniejszych z nich w mojej opinii należy zaliczyć:

- pomiar przyswajalnych form fosforu i potasu metodą Egnera-Rhiema, magnezu metodą Schachtschabela na spektrometrze absorpcji atomowej,
- analizę sekwencyjną manganu, cynku, miedzi, kadmu i ołowiu metodą BCR z gleb oraz z osadów w celu określenia form mobilnych i przyswajalnych,
- pomiar zawartości pierwiastków w osadzie ściekowym metodą spektrometrii absorpcji atomowej.

Stosując wyspecjalizowane i wysoce zaangażowane metody pomiaru Doktorantka wykazała się olbrzymią wiedzą oraz bogatym doświadczeniem w pracy laboratoryjnej. Posiada niezwykle umiejętności nie tylko w pracy laboratoryjnej, którą cechuje rzetelność, staranność oraz duża precyzja, ale również w pracy doświadczalnej - polowej. Założenie i prowadzenie doświadczenia polowego przez okres sześciu lat wymagało od niej olbrzymiego zaangażowania. Posiadając obszerny materiał badawczy w umiejętny sposób dokonała jego selekcji oraz uporządkowania, a następnie poddała szczegółowej analizie. Wielka precyzja w opisie, interpretacji uzyskanych wyników oraz dociekliwość naukowa promują Doktorantkę w szeregu zdolnych, dobrze zapowiadających się naukowców.

Na uwagę zasługują osiągnięcia w zakresie wszechstronnej analizy gleby i rośliny. Zdobyte doświadczenia przy realizacji pracy doktorskiej mogą być w całości wykorzystane w opracowaniu aplikacyjnym dotyczącym zagospodarowania osadów ściekowych w rolnictwie. Praca daje odpowiedź w jaki sposób wykorzystać bogactwo minerałów znajdujące się w osadach, aby nie spowodować katastrofy ekologicznej. Ponadto Doktorantka udowodniła, że sposób wiązania metali ciężkich, a tym samym ich biodostępność zależy od wielu właściwości gleby, między innymi formy występowania kationów, wartości pH, pojemności sorpcyjnej, zawartości makro- i mikroelementów. Praca posiada duże walory naukowe, badawcze i aplikacyjne.

Reasumując stwierdzam, że recenzowana praca doktorska Pani mgr inż. Małgorzaty Szostek w pełni spełnia wymagania Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku „o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki” (Dz. U. nr 65 z 2003 r. poz. 595 z późniejszymi zmianami). W związku z tym wnioskuję o jej przyjęcie i dopuszczenie do publicznej obrony oraz o wyróżnienie pracy.

A. Proch