

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Łukasza Tuhy pod tytułem „Biomasa jako nośnik mikroelementów nawozowych”

Ogólna charakterystyka rozprawy doktorskiej

Podjęty w pracy doktorskiej temat dotyczy wykorzystania biomasy jako nośnika mikroelementów nawozowych. Celem badań było opracowanie technologii wytwarzania i wykorzystania komponentów nawozowych z mikroelementami na bazie biomasy, zapewniających wysoką biodostępność mikroskładników nawozowych i wysoką biodegradowalność preparatów przy relatywnie niskich kosztach ich stosowania. Takie ujęcie tematu pozwala zaliczyć opracowaną metodę produkcji mikroelementowych dodatków nawozowych do *czystszych technologii*.

Niezależnie od przedstawionej niżej szczegółowej oceny pragnę podkreślić przeprowadzenie bardzo szerokiego zakresu badań, prowadzonych w pełnym cyklu badawczym obejmującym dobór surowców, badania modelowe i testowe biosorpcji w skali laboratoryjnej i ćwierć-technicznej (wraz z opracowanie podstaw fizykochemicznych mechanizmów procesu biosorpcji), a także badania aplikacyjne produktów. Wykonano w szczególności bardzo wszechstronne badania własności nawozowych i badania polowe produktów, koncepcje technologiczne ich wytwarzania i wstępne analizy ekonomiczne nowo opracowanych metod produkcji. Należy zwłaszcza podkreślić opracowanie koncepcja wdrożeniowej, obejmującej analizę ekonomiczną wytwarzania komponentów nawozowych z mikroelementami, charakterystyki rynku i wykonanie planu komercjalizacji technologii. Tak kompleksowy zakres rozprawy doktorskiej zasługuje na wyrazy szczególnego uznania.

Należy także docenić bardzo wszechstronny zakres stosowanych metod badawczych, od klasycznych metod analitycznych do praktycznie wszystkie niezbędnych nowoczesnych metod analiz instrumentalnych. Bardzo umiejętnie wykorzystano także analizy statystyczne, zarówno do planowania doświadczeń, jak i opracowywania wyników badań. Wszystkie zastosowane techniki badawcze uzupełniają się, co świadczy o bardzo starannym planowaniu badań i umiejętności odpowiedniego całościowego ujęcia ich wyników. Pozwoliło to na

kompleksowe ujęcie problemu i otrzymanie wyników badań ujmujących całościowo nowe rozwiązania technologiczne.

Praca doktorska liczy 155 stron, zawiera około 260 pozycji cytowanej literatury (znaczna większość z okresu po roku 2005), 43 rysunki i 42 tabele. Praca jest dobrze zredagowana, a korekta tekstu staranna. Należy docenić dobry układ i bardzo ładne opracowanie graficzne tekstu. Są jednak drobne błędy stylistyczne i gramatyczne.

Pod względem merytorycznym pracę podzielono na dwie części. Część I to przegląd literaturowy. Część II to część doświadczalna obejmująca punkty 2-11. W punkcie 2 przedstawiono cel i zakres pracy. Metodyka badań przedstawiona została w pkt. 3, wyniki badań wraz z ich dyskusją w pkt. 4. W pkt. 4. 6 i 4.7 przedstawiono koncepcję wdrożeniową wraz ze wstępną analizę ekonomiczną, oraz ocenę potencjału komercyjnego. Podsumowanie i wnioski zawierają natomiast punkty 5 i 6. Zestawienie literatury podano w pkt. 7.

We wstępie omówiono między innymi koncepcję badań przedstawionych w pracy doktorskiej na tle poprzednich prac prowadzonych w tym zakresie w Zakładzie Zaawansowanych Technologii Materiałowych Politechniki Wrocławskiej. Recenzowana praca, w której zaproponowano koncepcję wytwarzania oraz wykorzystania biologicznych komponentów nawozowych z mikroelementami, na bazie biomasy metodą biosorpcji, jest twórczą kontynuacją prowadzonych od lat badań dotyczących otrzymywania i stosowania dodatków paszowych z mikroelementami.

W punkcie 1 przedstawiono zagadnienia związane z rolą mikroelementów w żywieniu roślin, problem niedoboru mikroelementów, zwłaszcza cynku, manganu i miedzi, oraz zagadnienie biofortyfikacji roślin uprawnych. Omówiono także rodzaje nawozów mikroelementowych i dostępnych na polskim rynku nawozów wieloskładnikowych z mikroelementami. Opisano też regulacje prawne dotyczące wprowadzania i stosowania nawozów, oraz wykorzystanie biomasy do celów nawozowych. Ciekawe jest porównanie właściwości komercyjnych preparatów mikroelementowych z koncepcją biologicznych komponentów nawozowych z mikroelementami. W punkcie 1.5 omówiono podstawy procesu biosorpcji, a w szczególności zagadnienia związane z wiązaniem jonów mikroelementów z biomasą na drodze biosorpcji. Omówiono także kierunki zastosowania biosorpcji, w tym metody oczyszczania ścieków tą metodą i wykorzystanie jej do wytwarzania preparatów służących do mikroelementowej suplementacji paszy zwierząt.

Całość części literaturowej oceniam pozytywnie, gdyż udało się w stosunkowo niezbyt obszernym materiale przedstawić w bardzo interesujący sposób problematykę związaną pośrednio i bezpośrednio z tematem opiniowanej pracy doktorskiej.

Celem pracy doktorskiej (pkt. 2) było opracowanie koncepcji technologii wykorzystania biomasy jako nośnika mikroelementów nawozowych, z wykorzystaniem procesu biosorpcji, a także określenie wpływu tego rodzaju preparatów na wzrost i rozwój roślin, a także na ich biofortyfikację w mikroelementy. Zakres pracy obejmował badania przesiewowe biosorbentów, badania biosorpcji w skali ćwierć-technicznej, ocenę produktów w badaniach polowych, oraz koncepcję wdrożenia wraz z analizą potencjału komercjalizacji.

W części doświadczalnej (punkt 3) przedstawiono charakterystyki stosowanych w badaniach odczynników i aparatury laboratoryjnej. Omówiono używane w badaniach biosorpcji biomasy, stosowane metody analityczne i instrumentalne, metody mineralizacji, badania powierzchni biomasy. Przedstawiono także szczegółowo metodykę badań biosorpcji i badań właściwości użytkowych wytworzonych preparatów *in vitro* i na roślinach, oraz sposób analizy statystycznej otrzymanych wyników.

Punkt 4 przedstawia wyniki badań przesiewowych biosorpcji z użyciem sześciu rodzajów biomasy w skali laboratoryjnej. Do ilościowego opisu wypłukiwania jonów ze wzbogaconej biomasy dobrano model kinetyczny desorpcji. Oceniono wpływ biologicznych komponentów nawozowych z mikroelementami na przykładzie pieprzycy siewnej (badania kiełkowania). Bardzo dobry okazał się pomysł stopniowego ograniczania ilości rodzajów biomasy do najlepszych jej typów, na podstawie badań laboratoryjnych i wytypowania do dalszych badań dwóch najlepszych rodzajów biomasy, podłoża pieczarkowego i pozostałości po ekstrakcji mikroalg. Te dwie biomasy wzbogacano w kationy miedzi, manganu i cynku w instalacji do biosorpcji pracującej w skali ćwierć-technicznej, pracującej w sposób ciągły i wykorzystującej dwa reaktory kolumnowe. Preparaty wytworzone w tej instalacji metodą biosorpcji na bazie podłoża pieczarkowego zawierały jony cynku, manganu i miedzi w ilościach odpowiednio 15,8; 11,8 i 17,5 mg/kg preparatu. Badania właściwości uzyskanych preparatów pozwoliły min. na bardzo ciekawe porównanie korelacji między technikami ICP, XRF i SEM stosowanymi do oznaczania zawartości mikroelementów nawozowych. Badania użytkowe stosowania bio-preparatów w testach na pieprzycy siewnej wykazały, że ich stosowanie skutkuje zwiększeniem zawartości mikroskładników do poziomu porównywalnego i wyższego niż stosowanie soli nieorganicznych. Badania polowe na kukurydzy wykazały większy plon roślin, wobec których stosowano mikroelementy nawozowe. Nie stwierdzono istotnych różnic w plonach przy stosowaniu wytworzonych preparatów, nawozu komercyjnego i grupy kontrolnej.

Wstępna analiza ekonomiczna wskazuje, że koszt stosowania mikroelementowych komponentów nawozowych na bazie biomasy jest wyższy niż nawozów mineralnych z

mikroelementami, ale porównywalny z preparatami chelatowymi. Potencjał komercyjny proponowanej technologii oceniam jako wysoki.

Punkt 5 zawiera podsumowanie, a punkt 6 wnioski końcowe. Cytowaną literaturę zestawiono w pkt. 7.

Wnioski odzwierciedlają wyniki badań.

Cele pracy określone w punkcie 2 zostały osiągnięte i poparte bardzo szerokimi i starannie opracowanymi wynikami badań. Zrealizowany został w pełni zaplanowany zakres prac badawczych. Należy podkreślić kompleksowy charakter badań obejmujący zarówno badania laboratoryjne jak i aplikacyjne, zakończony koncepcją wdrożeniową, wstępnymi analizami ekonomicznymi i analizami potencjału komercjalizacyjnego. Tym samym spełnione zostały warunki do pozytywnej oceny merytorycznej przedstawionej rozprawy doktorskiej.

Analizując szczegółowo recenzowaną pracę doktorską pozwolę sobie na sformułowanie następujących uwag:

Uwagi ogólne

1. Za bardzo interesujący uważam zastosowany schemat badań przesiewowych, polegający na badaniu wymywalności jonów mikroelementów ze wzbogaconej biomasy i badaniu ich przyswajalności przez pieprzycę siewną. Pozwoliło to na właściwe planowanie i ukierunkowanie badań, oraz wytypowanie preparatów o najlepszych własnościach, przy ograniczeniu ilości rodzajów stosowanej biomasy już w stosunkowo wczesnych etapach badań.
2. Podkreślam potencjał aplikacyjny opracowanej metody w związku z bardzo ciekawą ideą doboru i wykorzystania biomasy podłoża pieczarkowego i pozostałości po ekstrakcji mikroalg do wytwarzania mikroelementów nawozowych.
3. Wysoko oceniam opracowaną koncepcję wdrożeniową, obejmującą analizę ekonomiczną wytwarzania komponentów nawozowych z mikroelementami, charakterystyki rynku i planu komercjalizacji technologii. Tak kompleksowa analiza zasługuje na wyrazy szczególnego uznania.

Uwagi szczegółowe:

1. Pkt 2. Cel i zakres pracy. Zamiast określenia „...Celem nadrzędnym pracy...” należy użyć po prostu *Celem pracy doktorskiej było...*
2. Ostatnie zdanie akapitu powinno być następujące: *Etapy badań obejmowały:.....*
3. Wstęp – nie podano odnośników literaturowych

4. Str. 11 – wiersz 3 od dołu proponuję konsekwentnie używać *...na glebach..* , a nie *...na ziemiach...*
5. Str. 13 – 2 akapit. Należałoby podać bardziej szczegółowe dane. Te sformułowania są niezbyt precyzyjne.
6. Str. 20 – 3 akapit, dodałbym gnojowicę, pomiot kurzy
7. Str. 50 – Określenia układu AKiP są nieprecyzyjne i żargonowe (np. falownik)
8. Str. 51 – Ostatnie zdanie jest niezrozumiałe.
9. Str. 75 – 2 akapit. Należy podać stężenie jonów potasu. Jeśli jest wysokie roztwór może być stosowany do celów nawozowych.
10. Rys. 4.16 – reaktory sorpcji, a nie sorpcyjne (także s. 78).
11. Str. 78 – Suszarnia. Grzejnik elektryczny jest bardzo drogi eksploatacyjnie.
12. Str. 79 – VII. AKiP. Pomiar to nie regulacja (sterowanie) – poza tym gramatyka.
13. Tab. 4.22 – brak w tabeli ^{a,b...}
14. Str. 109 – Koszty suszenia zależą od rodzaju grzejnika. Grzejnik elektryczny powietrza jest dużo droższy od parowego. Amortyzacja 14% budzi wątpliwości. W przemyśle chemicznym jest to zwykle ca 8%.
15. Str. 24 – należałoby jednak skomentować cel porównania przedstawionego w tab. 4.

Tak niewielka ilość uwag, przy tak szerokim zakresie badań potwierdza moją bardzo wysoką ocenę merytoryczną pracę doktorskiej, której wyniki mają dużą wartość aplikacyjną. Doktorant wykazał się umiejętnościami samodzielnego planowania i wykonywania badań przy wykorzystaniu nowoczesnych metod analitycznych i statystycznych. Należy podkreślić świetne planowanie eksperymentów, oraz wykonanie bardzo wszechstronnego i kompleksowego zakresu badań, które zostały właściwie zinterpretowane i podsumowane. Stąd też w sumie recenzowaną rozprawę doktorską oceniam jako znakomitą.

Należy też podkreślić bardzo dobry dorobek publikacyjny doktoranta.

Stwierdzam, że przedstawiona praca doktorska spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim w Ustawie o Stopniach i Tytułach Naukowych określonym w art. 13 Ustawy z dnia 14.03.2003 i wnoszę o dopuszczenie mgr inż. Łukasza Tuhy do jej publicznej obrony.

Równocześnie wnioskuję o wyróżnienie recenzowanej pracy doktorskiej.

Zygmunt Kowalski'
KE