

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr Dominiki Matczuk

**pt.: „IZOLACJA INHIBITORÓW UROLIZY Z MATERIAŁU ROŚLINNEGO I/LUB
ZWIERZĘCEGO LUB PRODUKTÓW ICH PRZETWARZANIA”**

Promotor: dr hab. Anna Siczek, Instytut Agrofizyki PAN

Promotor pomocniczy: Tomasz Martyniuk, Grupa Azoty Zakłady Azotowe Puławy SA

Rozprawa doktorska została wykonana i sfinansowana z budżetu Ministerstwa Edukacji i Nauki w ramach programu „Doktorat wdrożeniowy”. Projekt Nr: DWD/3/51/2019.

1. Wprowadzenie i ocena problematyki badawczej podjętej przez Doktorantkę

Permanentne zmiany zachodzące we współczesnej gospodarce światowej, a przede wszystkim ich intensywność i tempo wynikają z jednej strony z możliwości, jakie daje postęp technologiczny i wiedza, z drugiej zaś uwarunkowane są wieloma ograniczeniami, m. in. w dostępie do zasobów naturalnych. Dlatego też strategie rozwoju poszczególnych branż gospodarki opierają się obecnie na rozwoju zrównoważonym, którego podstawą jest maksymalne dbanie o zasoby w przyrodzie i ich odtwarzanie w jak najszerzej skali i najszybszym stopniu. Jedną z kluczowych działalności gospodarczych jest rolnictwo, którego podstawową funkcją jest zapewnienie bezpieczeństwa żywnościowego dla społeczeństwa.

Polskie rolnictwo charakteryzuje się dużym zróżnicowaniem warunków przyrodniczych i ekonomiczno-społecznych. O wydajności rolnictwa w dużej mierze decyduje intensywność technologii produkcji roślinnej. Jednym z podstawowych elementów technologii uprawy jest nawożenie roślin. Zależnie od intensywności produkcji czynnik ten może stanowić od zaledwie kilku, do ok. 40-60% ponoszonych nakładów. Silnie zróżnicowane jest również wykorzystanie składników pokarmowych wnoszonych w nawozach. Dla przykładu, zależnie od wielkości dawek nawozów oraz przebiegu pogody w czasie wegetacji roślin, wykorzystanie

azotu może wahać się w granicach od 20 do 60%, wykorzystanie zaś fosforu nie przekracza 25%, a potasu 60%. Reszta niewykorzystanych składników ulega rozproszeniu i może stanowić zagrożenie zarówno dla jakości wód, jak i powietrza. Należy w tym miejscu dodać, że o ile stosunkowo łatwo można bilansować fosfor i potas, o tyle próby zbilansowania azotu zarówno w skali pola płodozmiennego, jak i w skalach gospodarstwa, czy regionu nastroczają wiele problemów ze względu na dużą ruchliwość tego pierwiastka w środowisku.

Jednym z najbardziej popularnych nawozów azotowych jest mocznik. Jak wskazuje także Autorka, dane szacunkowe wskazują, że udział nawozów mocznikowych w całkowitym, światowym zużyciu nawozów mineralnych przekracza 50%. Wykorzystanie nawozów mocznikowych do nawożenia pól uprawnych związane jest z niekorzystnym zjawiskiem emisji amoniaku z nawożonej gleby, która skutkuje nieefektywnym wykorzystaniem dostarczonej roślinom dawki azotu, a co za tym idzie zmniejszeniem efektywności ekonomicznej prowadzonych upraw. Dane szacunkowe dotyczące emisji amoniaku do atmosfery mówią o 60% poziomie strat N, który zależy od wielu czynników glebowych i klimatycznych.

Rolnictwo, obok przemysłu, jest również jednym z głównych źródeł zanieczyszczeń środowiska. Z danych GUS wynika także, że pomimo znacznego ograniczania działalności w różnych dziedzinach polskiej gospodarki obserwuje się wzrost ładunku składników biogenicznych odprowadzanego z obszaru Polski do Bałtyku, w którym znaczący udział mają substancje biogeniczne pochodzenia rolniczego.

Dlatego też istnieje pilna potrzeba poszukiwania zarówno nowych formuł nawozów ukierunkowanych na optymalne tj. dostosowane do tempa wzrostu roślin wykorzystanie składników pokarmowych jak i racjonalnego ich stosowania w produkcji rolniczej.

Przykładem takiego podejścia, jest recenzowana praca doktorska, w której Autorka poszukuje nowych możliwości zwiększenia wykorzystania składników mineralnych z nawozów azotowych, a konkretnie mocznika, którego cechy fizykochemiczne minimalizowałyby straty azotu i jego rozpraszanie do środowiska. Podkreślić należy, że jest to bardzo dobre rozwiązanie z punktu widzenia zarówno wykorzystania składników pokarmowych zawartych w tych nawozach jak i ochrony środowiska. Zrównoważone zarządzanie nawożeniem opiera się bowiem między innymi na zminimalizowaniu strat składników pokarmowych zarówno z samych nawozów jak i po ich zastosowaniu.

Na szczególne podkreślenie zasługuje fakt, że praca doktorska była realizowana w ramach Programu „Doktorat Wdrożeniowy” finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Edukacji, a jej wyniki mogą być bezpośrednio wykorzystane w technologii wytwarzania mocznika w Grupie Azoty Puławy. Doktorat był realizowany we współpracy Grupy Azoty

Zakłady Azotowe „Puławy” S.A. jako partnera przemysłowego z Instytutem Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego Polskiej Akademii Nauk w Lublinie, będącym w projekcie partnerem naukowym.

2. Ocena formalna i merytoryczna rozprawy doktorskiej

Recenzowana rozprawa składa się z 7 rozdziałów w tym *Wstępu*, *Przeglądu literatury naukowej*, *Celu pracy i hipotezy badawczej*, rozdziałów dotyczących *Metodyki badań*, *Wyników*, *Dyskusji oraz Wniosków*. Na końcu pracy zamieszczono *Literaturę* obejmującą 157 pozycji głównie anglojęzycznych (ponad 95% liczby wszystkich publikacji) oraz *Spisy Rysunków i Tabel*.

We *Wstępie* do rozprawy, zwięźle nakreślono główne przesłanki podjętego tematu pracy. Przedstawiono również znaczenie prezentowanego rozwiązania dla rolnictwa oraz dla gospodarki. Zaprezentowano otoczenie prawne i obowiązujące przepisy w tym zakresie dla nawozów głównie azotowych w kontekście ograniczenia emisji amoniaku. Podano także charakterystykę dostępnych na rynku syntetycznych inhibitorów ureazy oraz możliwości zastosowania komponentów naturalnych do wytworzenia innowacyjnych nawozów o obniżonej emisji amoniaku co pozwoliłoby wyeliminować zarówno negatywny wpływ nawozów mineralnych, jak również potencjalnie szkodliwy wpływ inhibitorów syntetycznych na środowisko. *Wstęp* napisany jest bardzo dobrze i rzeczowo wprowadza Czytelnika w tematykę pracy doktorskiej.

W *Przeglądzie literatury naukowej* podano i szczegółowo opisano w postaci podrozdziałów zagadnienia dotyczące źródeł i obiegu azotu w przyrodzie, ze szczególnym uwzględnieniem mocznika nawozowego i jego przemian biochemicznych w glebie, co stanowi podstawę do dalszych wywodów naukowych dotyczących zagadnień podjętych w pracy doktorskiej. Opisano także czynniki, które mają bezpośredni wpływ na wielkość emisji amoniaku z gleby. Autorka rozprawy doktorskiej podzieliła je na czynniki naturalne, bezpośrednio związane z siedliskiem oraz na antropogeniczne, które mogą być kształtowane przez technologie uprawy roślin.

W kolejnym podrozdziale opisano ureazę i przebieg reakcji hydrolizy mocznika, wskazując na jej znaczenie, jako podstawowego enzymu w procesie przemiany mocznika.

W następnych podrozdziałach opisano syntetyczne i naturalne inhibitory ureazy oraz możliwości do ich stosowania w nawozach azotowych zgodnie z prawem. Doktorantka opisała także skuteczność inhibitorów ureazy w zmniejszeniu emisji amoniaku oraz strat azotu z

nawozów. Autorka zwraca uwagę, że obecnie tematyka naturalnych inhibitorów ureazy jest w fazie rozkwitu. Prowadzonych jest wiele nadań naukowych, które mają na celu znalezienie substancji pochodzenia naturalnego, których użycie w połączeniu z nawozem na bazie mocznika pozwoliłoby uzyskać niższą emisję amoniaku do środowiska. Co ciekawe, naturalne inhibitory ureazy znajdują zastosowanie nie tylko w sektorze rolnictwa, a również w medycynie.

Bardzo cennym jest także podrozdział opisujący wpływ ekstraktów roślinnych na wzrost roślin i mikroorganizmy glebowe, z którego wynika, że zastosowanie wyciągów z roślin w rolnictwie przynosi wiele korzyści, przez co staje się coraz bardziej powszechne, a ekstrakty roślinne poprawiają właściwości fizyczne i chemiczne gleby, co prowadzi do zwiększenia możliwości produkcyjnych prowadzonej uprawy. Autorka podaje zresztą wiele przykładów z literatury na zmniejszenie strat spowodowanych przez porażenie roślin szkodliwymi gatunkami grzybów, oraz zawartość chlorofilu w roślinach wpływając w efekcie na wzrost plonów roślin, co potwierdza celowość podjętych przez Nią badań.

Rozdział pt.: *Przegląd literatury* oceniam pod względem merytorycznym bardzo wysoko. Jest on przemyślaną częścią pracy doktorskiej i daje dobre podstawy do zagadnień w nim poruszanych i badań przeprowadzonych przez Doktorantkę.

W kolejnym rozdziale zaprezentowano *Cel pracy* wraz z *celami szczegółowymi* oraz *Hipotezę badawczą*. W moim przeświadczeniu cel pracy jest bardzo jasno sprecyzowany, a cele szczegółowe precyzyjnie i logicznie przedstawiają zarówno etapy badań jak i ich spodziewane efekty. Hipoteza badawcza także jasno formułuje czego (jakich wniosków) Autorka rozprawy doktorskiej spodziewa się po zakończeniu badań.

Generalnie stwierdzam, że Doktorantka postawiła sobie bardzo ambitny cel badawczy, którym było zupełnie nowe zagadnienie o wymiarze praktycznym i komercyjnym tj.: ocenę możliwości zastosowania ekstraktów otrzymanych z wybranych surowców roślinnych, które zaaplikowane łącznie z nawozem mocznikowym spowodują obniżenie emisji amoniaku z gleby. Otrzymane ekstrakty roślinne będą możliwe do zastosowania wspólnie z mocznikiem produkowanym w Grupie Azoty PUŁAWY i być może będą punktem wyjścia do opracowania nowego nawozu azotowego na bazie mocznika. **Cel ten oceniam jako jeden z bardziej ambitnych celów badawczych w pracach doktorskich w problematyce technologii nawozów w Polsce w ostatnich latach, co bardzo chciałbym podkreślić.** Cel ten wpisuje się także w wiele polityk formułowanych na forum EU w obszarze ograniczania zanieczyszczeń i ochrony klimatu, jak choćby polityka klimatyczna dotycząca gospodarki neutralnej emisyjnie do 2050 roku we krajach EU. Dyskusja naukowa w obszarze sposobu ograniczenia strat

amoniaku trwa od wielu lat, a wyraźnego przełomu w technologii nawozów na razie nie widać. Praktyczny aspekt zastosowania rozwiązania proponowanego przez Doktorantkę w przemyśle byłby przełomowy wzięwszy pod uwagę zarówno produkcyjny jak i środowiskowy aspekt tego zagadnienia.

Bardzo wysoko oceniam rozdział 4 pt.: *Metodyka badań*, w którym kompleksowo omówiono i scharakteryzowano zarówno ekstrakty roślinne badane w doświadczeniach jak i gleby pobrane w celu przeprowadzenia badań, a także doświadczenia inkubacyjne i wazonowe. Szczegółowo opisano także analizy roślin, analizy gleby oraz analizy mikrobiomu. Zgromadzone wyniki badań zrealizowanych w trakcie eksperymentu inkubacyjnego oraz w eksperymencie wazonowym zostały poddane analizie statystycznej, co opisano w wyodrębnionym podrozdziale. Analiza statystyczna zebranego materiału została przeprowadzona poprawnie pod względem merytorycznym. Reasumując należy podkreślić, że rozdział pt.: *Materiały i metody badawcze* jest napisany bardzo profesjonalnie, z dużą znajomością zarówno warsztatu jak i metodologii badań.

Rozdział pt.: *Wyniki badań* Doktorantka opisała w czterech podrozdziałach wynikających z założeń metodycznych tj.: w podrozdziale 5.1. obejmującym *Badania wstępne – pomiar inhibicji ureazy oraz zawartości związków polifenolowych*, 5.2 obejmującym *Doświadczenie inkubacyjne*, 5.3 *Doświadczenie wazonowe*, w którym opisano wybrane wskaźniki roślinne takie jak plon biomasy, zawartość w niej makroskładników, a także zawartość chlorofilu w liściach pszenicy jak również intensywność fotosyntezy. W podrozdziale 5.4 opisującym *Wpływ ekstraktów roślinnych na mikrobiom gleby*. Wszystkie podrozdziały podzielono dodatkowo na wyodrębnione części, w których przeanalizowano, a na końcu podsumowano poszczególne zagadnienia badawcze podjęte w pracy. Rozdział opisujący wyniki badań uważam za bardzo przejrzysty i znakomicie prowadzący czytelnika przez poszczególne zagadnienia poruszane w rozprawie doktorskiej. Dodatkowo rozdział ten jest ilustrowany wykresami i tabelami, co bardzo ułatwia analizę poszczególnych wątków pracy doktorskiej.

Rozdział pt.: *Dyskusja wyników* opracowany jest bardzo profesjonalnie i obejmuje zagadnienia dotyczące zarówno celu głównego jak i celów szczegółowych wyznaczonych przez Doktorantkę. Wraz z opisem analizowanych zagadnień Autorka dokonała ich porównania z wynikami badań innych autorów w miarę dostępności literatury w zagadnieniach poruszanych w pracy doktorskiej, tj.: *substancji aktywnych występujących w roślinach i ich działania na ureazę, emisji amoniaku z gleby, aktywności ureazy, zawartości azotu w glebie, analizy roślin oraz wpływu ekstraktów roślinnych na mikrobiom gleby*. Rozdział ten napisano bardzo profesjonalnie porównując uzyskane wyniki badań w doktoracie z wynikami badań w

literaturze światowej.

Rozdział 7 pt.: *Wnioski* jest w istocie podsumowaniem rozprawy doktorskiej. W moim odczuciu można by go zatytułować Podsumowanie i Wnioski ograniczając część dotyczącą *Wniosków* tylko do odpowiedzi na hipotezę i cele pracy, a pozostałe punkty obecnych wniosków zamieścić jako podsumowanie.

3. Uwagi szczegółowe

1. Osobiście zmieniałbym tytuł pracy na bliższy temu co badała Doktorantka np.: „Zastosowanie ekstraktów otrzymanych z surowców roślinnych do zastosowania z mocznikiem produkowanym w Grupie Azoty PUŁAWY”, choć wiem, że zapewne jego wybór od Niej w dużym stopniu nie zależał.

2. W rozdziale opisującym Charakterystykę gleb użytych w doświadczeniu (str. 37) brakuje moim zdaniem analizy badanych gleb pod względem składu granulometrycznego, a właściwie zawartości części spławialnych. W zestawieniu z odczynem gleby można by bowiem dokładniej wnioskować o tym jaki dokładnie czynnik związany z glebą decyduje tak naprawdę o emisji amoniaku.

3. W rozdziałach opisujących wyniki badań Autorka opisując w tekście obiekty doświadczalne posługuje się skrótem myślowym typu borówka 100% lub malina 25%, itp., podczas gdy w rzeczywistości oznacza to obiekt o stężeniu ekstraktu odpowiednio 10%, 20%, co niekiedy myli się z redukcją stężenia jonów amonowych np. o 50%.

4. Rozdział dotyczący Wniosków powinien być przekonstruowany i odpowiadać tylko na hipotezę i cele szczegółowe pracy, może poza celem pierwszym, który wynika z rozeznania literatury. Cele szczegółowe są w mojej opinii bardzo dobrze sformułowane, podobnie jak hipoteza badawcza. Zatem wnioski płynące z doktoratu powinny być z nimi tożsame.

5. We wnioskach brakuje odniesienia się do celu szczegółowego nr 4 pt.: Ocena wpływu nawożenia mocznikiem z dodatkiem ekstraktów z roślin na wzrost roślin pszenicy (biomasa, zawartość makroskładników i chlorofilu, tempo fotosyntezy). Odniesiono się tylko do zawartości makroskładników i chlorofilu oraz tempa fotosyntezy, co z praktycznego punktu widzenia ma o wiele mniejsze znaczenie niż ocena wielkości biomasy pszenicy.

6. Brakuje mi także jednoznacznego stwierdzenia w części wynikowej czy można wykorzystać lub zastosować badane ekstrakty w praktyce razem z mocznikiem.

Uprzejmie proszę Doktorantkę o ustosunkowanie się do tych uwag podczas publicznej obrony rozprawy doktorskiej.

4. Konkluzja końcowa

Praca doktorska Pani mgr Dominiki Matczuk jest bardzo dobrze przygotowana, a Doktorantka postawiła sobie bardzo ambitny cel badawczy, którym było opracowanie podstaw dla nowego nawozu na bazie mocznika z dodatkiem naturalnych inhibitorów urolizy. Podkreślę bardzo wyraźnie, że cel badawczy jest bardzo ambitny i wpisuje się w ideę zrównoważonego nawożenia w kontekście wielu polityk klimatycznych i środowiskowych. Realizacja pracy doktorskiej wymagała kompleksowego podejścia do problemu i tym samym wieloczynnikowej oceny produktów będących przedmiotem badań, co wymagało wykonania części badawczej w bardzo dobrze do tego przygotowanym Instytucie Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego Polskiej Akademii Nauk w Lublinie, będącym w projekcie partnerem naukowym.

Najważniejszym osiągnięciem rozprawy doktorskiej jest ocena możliwości wykorzystania wybranych ekstraktów otrzymanych z surowców roślinnych, które zaaplikowane łącznie z nawozem mocznikowym spowodują obniżenie emisji amoniaku z gleby. Otrzymane ekstrakty roślinne będą możliwe do zastosowania wspólnie z mocznikiem produkowanym w Grupie Azoty PUŁAWY.

Na podkreślenie zasługuje fakt, że Rozprawa Doktorska została przygotowana bardzo starannie, napisana jest poprawnym, zrozumiałym naukowym językiem. Na marginesach tekstu zaznaczyłem zaledwie kilka, drobnych usterek stylistycznych, co biorąc pod uwagę objętość pracy uważam za stosowne podkreślić.

Przyjętą koncepcję pracy i podstawowe założenia metodyczne oceniam pozytywnie, dostrzegając dążenie Autorki do praktycznego wymiaru badań przeprowadzonych w pracy doktorskiej. Uważam, że Autorka rozprawy wykazuje bardzo dobre rozeznanie w problematyce chemii w tym chemii rolnej. Doktorantka posiada też niezwykle cenną umiejętność dostrzegania związków i zależności przyczynowo-skutkowych z zakresu wykorzystania wyników prowadzonych badań w praktyce, co w wydatny sposób wzbogaca recenzowaną pracę.

Reasumując należy podkreślić, że badania wykonane w rozprawie doktorskiej mgr Dominiki Matczuk są innowacyjne zarówno w sferze koncepcyjnej, jak i realizacyjnej, a wyniki badań otrzymane w doktoracie mogą być z powodzeniem wdrożone na rynku w celu opracowania nowego nawozu mocznikowego.

Na szczególne podkreślenie zasługuje fakt, że praca została wykonana i sfinansowana z budżetu Ministerstwa Edukacji i Nauki w ramach programu „Doktorat wdrożeniowy” w

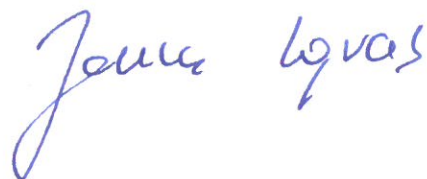
projekcie nr: DWD/3/51/2019, realizowanym we współpracy z przemysłem, co jest bardzo cenne dla rozwoju i komercjalizacji innowacyjnych technologii w gospodarce.

Po gruntownym i wnikliwym przestudiowaniu pracy doktorskiej stwierdzam w sposób jednoznaczny, że spełnia ona wymogi stawiane rozprawom doktorskim, zgodnie z ustawą z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (tj. Dz.U. z 2023 r. poz. 742 z późn. zm.), dlatego też stawiam wniosek o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie mgr Dominiki Matczuk do publicznej obrony.

Biorąc pod uwagę zarówno poznawcze jak i praktyczne walory pracy stawiam też wniosek o jej wyróżnienie.

Puławy 10.02.2023 r.

Prof. dr hab. inż. Janusz Igras

Handwritten signature of Janusz Igras in blue ink.