

Poznań 27.12.2024 r.

*Prof. UPP dr hab. Jarosław Potarzycki
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
Wydział Rolnictwa, Ogrodnictwa i Biotechnologii
Katedra Chemii Rolnej i Biogeochemii Środowiska
60-625 Poznań, ul. Wojska Polskiego 71F*

RECENZJA

**Rozprawy doktorskiej mgr. inż. Przemysława Boberskiego
pt. „ Opracowanie biodegradowalnej otoczki dla kompozycji nawozowej
charakteryzującej się kontrolowanym/spowolnionym uwalnianiem składników
odżywczych”**

Ocena rozprawy doktorskiej wykonana w odpowiedzi na pismo skierowane przez Przewodniczącą Rady Dyscypliny Inżynieria Chemiczna Politechniki Śląskiej Panią dr hab. inż. Agatę Jakóbk-Kolon, prof. PŚ , w którym informuje, że uchwałą z dnia 16.10.2024 zostałem powołany na recenzenta w/w rozprawy doktorskiej.

1. Ocena problematyki badawczej

Rośliny wykazują zróżnicowaną dynamikę pobierania składników mineralnych, zależnie od uprawianego gatunku, warunków siedliska i specyfiki danego pierwiastka. Jednak w kontekście realizacji potencjału plonotwórczego, pewne prawidłowości dotyczące uwarunkowań odniesionych do zapotrzebowania roślin na określone składniki są uniwersalne. Rozpatrując ich hierarchię w pierwszej kolejności należy zwrócić uwagę na azot, fosfor i potas (NPK). W tej grupie składników najważniejszym plonotwórczo, lecz jednocześnie ekologicznie niebezpiecznym jest azot.

Ograniczanie rozpraszanie azotu w agroekosystemie i migracja do ekosystemów przyległych od lat stanowi poważny problem poruszany zarówno w badaniach dotyczących efektywności nawozów (aspekt ekonomiczny), jak i w rozważaniach prośrodowiskowych (aspekt ekologiczny). Dogłębną analizę zdarzeń komplikuje fakt, że fazy kardynalne dla azotu dotyczą stadiów rozwojowych występujących na różnych etapach wzrostu rośliny. To z kolei wiąże się z koniecznością zapewnienia roślinie komfortu żywieniowego w całym sezonie wegetacyjnym. W przypadku fosforu występują dwie oddalone w czasie fazy krytyczne. Pierwsza dotyczy początkowego okresu wzrostu gdy kształtowany jest system korzeniowy (przygotowanie

rośliny na stresy abiotyczne), druga występuje po kwitnieniu czyli w generatywnej fazie wzrostu (kształtowanie nasion/owoców).

W praktyce oznacza to poszukiwanie rozwiązań nakierowanych na stopniowe uwalnianie składników z granuli nawozowej. Podejście takie znajduje uzasadnienie w fizjologii plonowania roślin i dbałości o środowisko. Odpowiedzią jest wprowadzenie na rynek nawozów otoczkowanych – o kontrolowanym uwalnianiu składników mineralnych. Jak słusznie zauważa Autor pracy: „Głównym celem wykorzystywania nawozów otoczkowanych jest minimalizacja negatywnego wpływu nawożenia na środowisko oraz zwiększenie efektywności wykorzystania składników odżywczych przez rośliny poprzez zastosowanie zewnętrznej otoczki wykonanej z materiału biodegradowalnego. Taki innowacyjny produkt ma za zadanie zredukować straty składników odżywczych do środowiska oraz zwiększyć efektywność nawożenia, co jest szczególnie istotne w obliczu rosnącego zapotrzebowania na żywność, wynikającego z przewidywanego wzrostu populacji ludzkiej i zwiększenia intensywności upraw”.

Poruszony przez Doktoranta kontekst wyżywienia ludności na Świecie jest w perspektywie rolnictwa 2050 kluczowy, zważywszy na fakt, że według szacunków zapotrzebowanie na kalorie wzrośnie w okresie 25 lat o około 56%, natomiast różnica między aktualną globalną powierzchnią użytków rolnych a powierzchnią niezbędną w podanym przedziale czasu wyniesie blisko 600 mln hektarów. W tej sytuacji jedynym realnym rozwiązaniem staje się lepsze wykorzystanie potencjału plonotwórczego współczesnych odmian roślin uprawnych. W Polsce potencjał ten, wyznaczony przez COBORU, zależnie od uprawianego gatunku, kształtuje się na poziomie 50-70% (dane GUS z ostatnich lat). Na przykład w przypadku pszenicy ozimej luka plonu w ostatnich 6 latach kształtowała się w zakresie 4,36 – 5,34 t/ha. W świetle powyższych danych istotnym staje się efektywniejsze gospodarowanie składnikami mineralnymi, co znakomicie wpisuje się w podjęte badania będące przedmiotem oceny.

Uzasadniając wybór tematu Autor słusznie zauważa, że dzięki wprowadzeniu dodatkowej warstwy na powierzchni nawozu granulowanego możliwe staje się dostosowanie tempa uwalniania składników do potrzeb rośliny. Idea aplikacji nawozów otoczkowanych jest znana od lat. Pan magister Przemysław Boberski zauważa, że nawozy te są dość powszechne w ofercie dystrybutorów, lecz żaden z krajowych producentów nie ma ich w swoim portfolio (strona 8). Co ważne, Autor powołując się na określone akty prawne jednoznacznie wskazuje zasadność podjętych badań ze względu na poszukiwanie rozwiązania zawierającego materiały biodegradowalne, nieprowadzące do akumulacji tworzyw polimerowych w środowisku, przywołując dalej trzy warunki, które powinien spełnić dany materiał (lub grupa materiałów).

Podsumowując: podjęte badania uznaję za w pełni uzasadnione naukowo i jednocześnie zgodne z zapotrzebowaniem rynku środków produkcji dla rolnictwa, a takim są nawozy mineralne.

2. Formalna ocena pracy

Praca przedstawiona do oceny zawiera oryginalne wyniki badań własnych Doktoranta. Dysertacja liczy łącznie 181 stron i jest podzielona na cztery główne rozdziały. Całość poprzedzona jest streszczeniem w języku polskim i angielskim oraz krótkim wprowadzeniem, w którym Autor uzasadnia podjęcie tematu. Zasadniczą część pracy stanowią dwa główne rozdziały, odpowiednio: część literaturowa i badawcza. W pracy zamieszczono łącznie 50 rysunków, z których 13 w przeglądzie literatury oraz 37 tabel. Rozprawa kończy się podsumowaniem zawartym w dwóch częściach, z których w jednej podano efekty wykonanych badań, z oceną ukierunkowaną na wdrożenie wyników przeprowadzonych badań. Podano także spis literatury obejmujący łącznie 155 pozycji, w języku polskim i angielskim. Na zakończenie Autor zamieścił dane dotyczące dorobku naukowego zwracając uwagę na publikacje naukowe (3), staże naukowe (2), wystąpienia na konferencjach naukowych (10), udział w grantach rektorskich (2) oraz szkoleniach (4).

3. Merytoryczna ocena pracy

Analizy merytorycznej rozprawy dokonam zachowując kolejność rozdziałów w zaprezentowanej pracy.

Wprowadzenie i cel pracy

Autor w sposób syntetyczny uzasadnił podjęcie badań, przywołując odpowiednie akty prawne i uwarunkowania opisujące kryteria, które powinien spełniać nawóz o kontrolowanym uwalnianiu składników. Zakładam, że ze względu na specyfikę pracy (doktorat wdrożeniowy) nie podano hipotezy roboczej. Sformułowano natomiast zdanie kończące ten rozdział, które *de facto* stanowi cel. Uważam jednak, że cel powinien być wyraźniej zaznaczony, rozważyłbym doprecyzowanie z punktach.

Część literaturowa

Jest to obszerny rozdział liczący 54 strony i podzielony na 8 podrozdziałów. W pierwszym Autor dokonał przeglądu rynku światowego. Opisał jednocześnie ofertę nawozów o kontrolowanym/spowolnionym uwalnianiem składników mineralnych w Polsce, słusznie zauważając, że informacje o składzie powłoki i efektach działania nawozów używanych w uprawach amatorskich są często ograniczone. W tej części pracy scharakteryzowano wiodące produkty znajdujące się na rynku, podając skład chemiczny i zakres cenowy. Doktorant z dużym znawstwem charakteryzował metody wytwarzania nawozów otoczkowanych,

powołując się na publikacje naukowe. Należy podkreślić skrupulatność i uczciwość naukową Autora, który opisując określoną metodę podaje numer patentu.

W następnym rozdziale na rysunku 2 przedstawiono podział materiałów wykorzystywanych jako otoczki nawozów granulowanych kierując uwagę na polimery naturalne (ściślej: celulozę i ligninę), co stanowi punkt wyjścia do prowadzenia skutecznego, dla efektów badań, przeglądu literatury. Najpierw wypunktowano wady innych substancji, następnie wskazano na obecnie stosowane, zwracając uwagę na patenty. Podkreślam stwierdzenie Autora: „w niniejszej pracy głównym kryterium wyboru materiałów była biodegradowalność” (strona 19). W kolejnych akapitach dokonano szczegółowego opisu skutków zastosowania różnych materiałów nieorganicznych oraz alternatywnych (w stosunku do ligniny i skrobi) organicznych.

Z punktu widzenia podjętych badań duże znaczenie ma podrozdział 1.4. opisujący materiały biodegradowalne z surowców odnawialnych, których charakterystykę przedstawiono na rysunku 3. Na stronie 22 Autor nie pozostawia wątpliwości stwierdzając: „w sytuacji polimerów syntetycznych istnieje potencjalne zagrożenie, że w pewnym punkcie produkcja stanie się nieekonomiczna. Zasoby dostępne do ich produkcji są ograniczone, a ich nieustanna eksploatacja może doprowadzić do wyczerpania tych surowców, co z kolei skutkować będzie wzrostem cen”. Bardzo trafnie przytoczono pracę Timilsena i in. (2015) cytowaną w rozprawie jako [35]. Ważnym elementem tej części pracy jest konstatacja dotycząca stosowania kompozycji złożonych z dwóch warstw, różnicujących uwalnianie składników z nawozów (1) i ograniczających przepuszczalność wody do wnętrza otoczki (2).

Kolejne podrozdziały 1.5 – 1.7 stanowią kompendium wiedzy na temat możliwości stosowania celulozy i ligniny do otrzymywania nawozów otoczkowanych oraz oleju konopnego jako substratu do otrzymywania materiałów polimerowych. W tym rozdziale Autor uzasadniając dalsze badania, na podstawie danych literaturowych, stwierdza: „Czysta celuloza (...) nie jest materiałem adekwatnym, by pełnić funkcję otoczki w nawozach o spowolnionym uwalnianiu. (...) W związku z tym funkcjonalizuje się celulozę tak, by zmienić jej właściwości. Dzięki reaktywnym grupom wodorotlenowym możliwa jest stosunkowo prosta jej modyfikacja za pomocą różnych czynników. Pośród wielu możliwych, do najczęściej przeprowadzanych modyfikacji należy zaliczyć reakcje estryfikacji i eteryfikacji”.

Kontynuacja przeglądu literatury dotyczy ligniny (rozdział 1.6). Doktorant zauważa zwiększające się znaczenie ligniny jako surowca w różnych dziedzinach przemysłu, przytacza dane literaturowe potwierdzające postawioną tezę. Jednak analogicznie jak w przypadku celulozy, klasyfikuje ligninę jako materiał do produkcji nawozów, który należy zmodyfikować. Doktorant zwraca uwagę na waloryzację tego polimeru, jako następstwo szeregu procesów

chemicznych nakierowanych na zmianę właściwości fizykochemicznych ligniny. W tym kontekście podjęto także wątek związany z wykorzystaniem odpadowego lignosulfonianu. Rozdział „Część literaturowa” kończy się charakterystyką oleju konopnego jako jednego z substratów możliwych do produkcji nawozów otoczkowanych. Autor dokonał przeglądu danych literaturowych, lecz w konkluzji stwierdził: „Obecnie brakuje badań dotyczących otrzymywania warstw, powłok lub materiałów utwardzonych na drodze autooksydacyjnej polimeryzacji w zakresie przeróbki chemicznej oleju konopnego”.

Przegląd literatury przedmiotu kończy się podrozdziałem „Biodegradacja i metody oznaczania biodegradacji”. Ten fragment pracy oceniam szczególnie wysoko. Doktorant najpierw przytacza kilka definicji biodegradacji, uwzględniające różne podejście do tego zagadnienia, podając źródła [121 – 123], by w kolejnym akapicie przywołać prace, które jednoznacznie wskazują na zagrożenie środowiskowe związane ze stosowaniem odpadów polimerowych, rozważane w skali globalnej [124 – 128]. W tym podrozdziale wprowadzono szeroko używane w literaturze przedmiotu pojęcie mikroplastik. Jednocześnie Doktorant zauważa, że biodegradacja polimerów jest wypadkową wielu czynników, które zamieszcza w tabeli 2. Jednak tytuł tej tabeli wymaga przerehabilitacji. Z pozoru oczywiste stwierdzenie, że „popyt na materiały biodegradowalne jest stale wysoki poprzez wprowadzanie coraz to nowszych ograniczeń legislacyjnych” (strona 57) jest jednym z argumentów uzasadniającym podjęcie niniejszych badań. Na kolejnych stronach przytoczono odpowiednie akty prawne Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) odnoszące się do metod oceny pod kątem biodegradacji materiałów, zwracając uwagę na fakt, że nie wszystkie regulacje dotyczące oceny zostały zdefiniowane. Na rysunku 13 przedstawiono schemat prac KE nad doбором metody oceny biodegradacji – skoro rozprawa jest przygotowana w języku polskim, zamieszczone na rysunku opisy należało przetłumaczyć. Rozdział kończy się omówieniem procedur oznaczania biodegradacji wg procedury ISO 17556:2019 oraz wytycznych OECD 301.

Podsumowując: uważam, że rozdział „część literaturowa” jest istotnym wkładem Doktoranta w rozpoznanie podjętej problematyki stanowiącej przedmiot badań w wielu aspektach. Jednocześnie wskazuje to na bardzo dobre przygotowanie merytoryczne do podjęcia się rozwiązania problemu naukowego, który w dalszej perspektywie może być wykorzystany w praktyce. Warto rozważyć opublikowania zgromadzonego i opisanego bardzo bogatego materiału literaturowego jako artykułu przeglądowego.

Część badawcza

Ten rozdział obejmuje trzy grupy zagadnień:

- (I) opis zastosowanych metod analitycznych,
- (II) omówienie wyników,
- (III) podsumowanie wykonanych badań.

Ad.I. Podrozdział „Metody” rozpoczyna się od opisu syntezy materiałów, począwszy od estryfikacji i eteryfikacji ligniny (procesy opisano, przedstawiając także odpowiednie schematy - rysunki 14 i 15), poprzez modyfikację celulozy (estryfikacja, opis i rysunek 16) i modyfikację oleju konopnego (opis i rysunek 17).

Następnie szczegółowo zaprezentowano postępowanie analityczne zgodnie z przyjętymi metodami charakteryzującymi materiały (i nawozy), uwzględniając kolejno:

- (1) Analizę FT-IR
- (2) Chromatografię żelową
- (3) Analizę termiczną DSC i TG
- (4) Pomiary rozpuszczalności, parametru lepkości i gęstości
- (5) Analizę elementarną (oznaczenie azotu w próbkach wodnych)
- (6) Oznaczenie liczby jonowej
- (7) Oznaczenie (badanie) biodegradacji – zgodnie z metodami opisanymi w przeglądzie literatury
- (8) Przedstawienie procedury otoczkowania nawozów granulowanych (rysunek 18 przedstawia skonstruowany na potrzeby pracy aparat do nanoszenia polimerów z roztworu przez natrysk)
- (9) Testy efektywności nawozów i (10) Testy doniczkowe

Generalnie zamieszczone opisy z mojej perspektywy nie budzą wątpliwości, co do poprawności zastosowanych procedur, tym bardziej, że Autor powołuje się na określone zapisy, rozporządzenia i dane literaturowe. Z aplikacyjnego punktu widzenia szczególnie ważne są testy efektywności nawozów (standardowy wodny test uwalniania składników – ISO 21263:2017) oraz testy doniczkowe wykonane w hali wegetacyjnej. Z zamieszczonego opisu wynika, że długość wegetacji kukurydzy (odmiana Ronaldinio) wynosiła 110 dni. Rodzi się pytanie: *w jakim stadium rozwojowym znajdowała się kukurydza w momencie zakończenia eksperymentu?*

Ad. II. Omówienia wyników (II) dokonano na 70 stronach.

Pierwszym etapem procedury była synteza materiałów. W przypadku modyfikacji ligniny na drodze estryfikacji wytypowano 15 próbek (efekt działania różnych reagentów, tabela 4). Modyfikacje potwierdzono z wykorzystaniem spektroskopii w podczerwieni, co szczegółowo opisano w wynikowej części pracy. Dla procesu otoczkowania nawozu granulowanego metodą rozpuszczalnikową jest ważne by materiał otoczkujący ulegał dobremu rozpuszczeniu tworząc jednorodny roztwór. Dlatego sprawdzono rozpuszczalność modyfikowanych lignin w kilku standardowych rozpuszczalnikach organicznych. Wykonano także pomiary lepkości (dla wytypowanych próbek), określono parametry stabilności termicznej próbek ligniny (wg TGA) oraz oznaczono temperatury zeszklenia dla badanych próbek lignin ($n = 15$ plus surowiec). Dokonano także oceny z wykorzystaniem chromatografii żelowej, rekomendując określone próbki do dalszych badań.

Następnym etapem modyfikacji była eteryfikacja ligniny. W pierwszej kolejności wykonane zostały prace dotyczące ustalenia optymalnej temperatury procesu oksypropylenowania ligniny (5 próbek, tabela 11). Kolejnym krokiem było przeprowadzenie syntez modyfikowanych lignin w celu ustalenia stopnia polimeryzacji i rodzaju tlenku wykorzystanego do modyfikacji (3 próbki, tabela 12). Ostatnim etapem badań były syntezы określające ilości wprowadzanego tlenku propylenu, w temperaturze 140°C (3 próbki, tabela 13). Wykonane eksperymenty pozwoliły na wytypowanie do dalszych badań materiałów wykorzystywanych jako substancje powłokotwórcze - wybrano modyfikowaną ligninę tlenkiem propylenu w ilości nie większej niż 35 % w temperaturze 140 °C. W dalszych etapach wykonano spektroskopię w podczerwieni, dokonano pomiarów rozpuszczalności, lepkości i gęstości, a także zastosowano analizę termiczną (porównanie próbki oznaczonej DPB/Lig/25 z „surowcem”). Do określenia mas cząsteczkowych i ich rozkładu zastosowano technikę chromatografii żelowej (GPC) w systemie faz odwróconych, w punkcie krytycznym adsorpcji oraz w systemie faz normalnych. Eksperymenty przeprowadzono przy użyciu kolumn polistyrenowych oraz THF jako rozpuszczalnika i eluentu.

W następnym etapie badań Doktorant skupił się na modyfikacji celulozy, ściślej estryfikacji. Szczegółowej ocenie poddano trzy próbki określone jako DPB/Cel/1, DPB/Cel/2, DPB/Cel/3. Analogicznie jak w przypadku ligniny wykonano badania pozwalające na wybranie optymalnego materiału (spektroskopia w podczerwieni, rozpuszczalność, pomiary parametru lepkości i gęstości).

Trzecim krokiem w procedurze badawczej była modyfikacja oleju konopnego. Jak wynika z przeglądu literatury istnieje pewna grupa olejów naturalnych, zdolnych do tworzenia powłok

w pewnych określonych warunkach. Olej konopny należy do grupy olejów schnących i wybrany został jako surowiec pochodzenia naturalnego do dalszych prac. Zakładanym efektem była modyfikacyjnych w celu wykorzystania jako materiału powłokowego w produkcji granulowanego nawozu otoczkowanego. Wygenerowano populację próbek oleju konopnego i przeprowadzono testy w różnych temperaturach. W efekcie wyznaczono próbki do dalszych prac laboratoryjnych.

Procedura badawcza, zgodnie z założeniami przedstawionymi we wcześniejszych rozdziałach, wymaga precyzyjnego określenia biodegradacji. Jak zauważa Autor procedura badań nad biodegradacją jest czasochłonna i może trwać nawet do sześciu miesięcy. Z tego powodu do testów wybrano jedynie próbki, które wykazały obiecujące wyniki we wcześniej wykonanych badaniach. Próbki te, w liczbie sześciu, zestawiono w tabeli 24. Na kolejnych stronach pracy Doktorant szczegółowo opisał efekty wykonanych eksperymentów laboratoryjnych.

Po kolejnej weryfikacji wytypowano cztery materiały (tabela 28), które wykorzystano do otoczkowania nawozów granulowanych w bębnie laboratoryjnym, a schemat działania tego urządzenia zamieszczono na rysunku 35. Podano także informację, że „w trakcie badania użyto nawóz wieloskładnikowy o składzie NPK (Mg, S) 12-11-18 (+2,7 +29), w charakterze rdzenia nawozu otoczkowanego. Nawóz występujący na rynku pod handlową nazwą POLIFOSKA® START pochodzi od polskiego producenta Grupa Azoty”. Podczas publicznej obrony proszę o krótką odpowiedź: *dlaczego wykorzystano właśnie ten nawóz?*

Na stronie 131 Autor zauważa: „Na podstawie powyższych obserwacji stwierdzono, że w wyższej temperaturze proces odparowania rozpuszczalnika trwa najkrócej, w związku z tym zdecydowano, że proces prowadzony będzie w temperaturze 40 °C. W przypadku prób dotyczących wykorzystania oleju konopnego zauważono (po długim czasie prowadzenia procesu), że wsad bębna zaczął się z czasem zbrylać i sklejać (ok 22 h prowadzenia procesu po dodaniu pierwszej porcji z zamierzonych trzech gram oleju). Na tej podstawie stwierdzono, iż bezrozpuszczalnikowy sposób otoczkowania olejem konopnym w warunkach procesu otoczkowania poprzez natrysk z roztworu jest nieefektywny. W pozostałych przypadkach osiągnięto zamierzony cel, nanosząc około 3 g materiału otoczki na każdy z nawozów. Na podstawie pomiarów przyrostu masy nawozu przed i po otoczkowaniu, określono średnią wydajność procesu na poziomie 88 % (+/- 2 %)”. Cytat ten przywołano w niniejszej recenzji nieprzypadkowo - jest to jeden z licznych przykładów dojrzałości naukowej Doktoranta.

W dalszej kolejności zaprezentowano wykresy opisujące profil uwalniania składników odżywczych (wersja 1 i 2; dni i godziny). *Proszę o doprecyzowanie o które składniki chodzi i w jaki sposób dokonano oznaczeń?*

Zwieńczeniem prowadzonych badań były testy ukierunkowane na dobór ilości materiału otoczki, zgodnie wyznaczonymi wcześniej próbkami spełniającymi określone wymagania. Badano zależności profilu uwalniania składników odżywczych od ilości otoczki w różnych wariantach, zarówno dotyczących materiałów jak i otoczki (jedno lub dwuwarstwowej).

Cztery z ocenianych nawozów poddane zostały obserwacjom z wykorzystaniem mikroskopu optycznego.

Ostatnim etapem części badawczej pracy był przeprowadzony test wazonowy, z wykorzystaniem rośliny wskaźnikowej (kukurydzy). Analizowano 8 wariantów nawozowych, wykorzystując wyselekcjonowane w procedurze badawczej prototypy nawozów otoczkowanych. Testom poddano nawozy otrzymywane z wykorzystaniem modyfikowanej na drodze estryfikacji ligniny, handlowego estru celulozy oraz modyfikowanego oleju konopnego. Badania obejmowały nawozy otoczkowane pojedynczą oraz podwójną warstwą. Ta część procedury doświadczalnej została zaplanowana i wykonana prawidłowo. Mimo, że Autor informuje o szerokim zakresie wykonanych badań, w rozprawie zaprezentowano tylko wyniki odniesione do biomasy kukurydzy. W tym miejscu zachęcam Doktoranta do udostępnienia tych danych, na przykład w formie publikacji. Zaprezentowane w dysertacji wyniki wskazują na zbliżone działanie prototypów nawozów oraz na tym tle odmiennym wpływem nawozu nieotoczkowanego (DBP/TW/6) i nawozu komercyjnego z otoczką niebiodegradowalną (DBP/TW/7). W pierwszym przypadku rośliny charakteryzowały się większą dynamiką wzrostu, w drugim mniejszą biomasą, co autor słusznie tłumaczy różną dostępnością składników mineralnych z testowanych nawozów. Należy jednak zauważyć, że test prowadzony był tylko przez 110 dni. W tym kontekście stawiam pytanie: ***czy Autor widzi zasadność wykonania odpowiednich badań polowych (obejmujących cały sezon wegetacyjny, z użyciem odmian stay-green)? Proszę o krótkie uzasadnienie.***

Na stronie 152 w opisie efektów wykonanego testu wazonowego moje wątpliwości budzi fragment dotyczący wpływu nawozów na odczyn gleby, ściślej stwierdzenie „nieznaczne zwiększenie pH gleby nawet do pH = 5,0” - podczas gdy odczyn gleby wyjściowej oznaczony w 1M KCl wynosił 6,2. ***Proszę podczas publicznej obrony o odniesienie się do tej kwestii.***

Ad. III. Rozdział część badawcza kończy się krótkim podsumowaniem przeprowadzonych badań, w którym w sposób zwięzły przypominano procedury stanowiące *meritum* pracy.

Wdrożenie wyników działalności naukowej

Jest to fragment pracy, w którym bardzo dobrze uzasadniono powiązanie wykonanych badań z możliwością wdrożenia efektów do produkcji nawozów. Na początku Autor zauważa, że „...badania ukierunkowane są w stronę aplikacyjnego wykorzystania wyników od samego początku realizowania prac...”. Pan magister Boberski zamieszcza schemat ideowy procesu otoczkowania nawozów granulowanych i dokonuje krótkiego opisu najważniejszych aspektów związanych z konkretnymi rozwiązaniami wynikającymi z wykonanych badań. Pojawia się także informacja o zgłoszonym patencie oraz opublikowaniu pracy naukowej w czasopiśmie anglojęzycznym <https://doi.org/10.3390/coatings12081215>.

Podsumowanie (doktoranta)

Ostatecznego podsumowania dokonano na czterech stronach wskazując między innymi na wielokierunkowość przeprowadzonych eksperymentów laboratoryjnych i badań wazonowych. Zwrócono uwagę na etapy weryfikacji postawionego celu. W ten sposób podkreślono wdrożeniowy charakter rozprawy potwierdzony na kilka sposobów. Sformułowano trzy główne wnioski, zgodne z założonymi efektami badań i uzyskanymi wynikami.

Drobne uwagi, pozostające bez wpływu na ogólną ocenę pracy:

- strona 22 - sformułowanie „polilaktyd wysokocząsteczkowy dobrze spisał się w testach” jest moim zdaniem nienaukowe
- strona 125 rys. 34 – brak jednostek na osiach
- strona 145 – „przyglądając się wynikom” – lepiej byłoby napisać analizując wyniki
- strona 145 – w opisie pod rysunkiem stwierdzono, że nawozy otrzymywane (...) z ligniny (...) uwalniają mniej składników. W tabeli 35 są to próbki oznaczone DPB/OTO/67 i 68. Z zamieszczonego wykresu na rysunku 43 wynika, że w przypadku DPB/OTO/67 ilość uwalnianych składników odżywczych wyrażona w % (szara krzywa) była największa?!
- strona 151 – w legendzie ryciny 46 powinno być bez azotu czy bez NPK?
- brak odmian „rysunek”, „tabela” na przykład strony 144 (Na rysunek...), 149 (W tabela...)

4. Podsumowanie

Układ pracy jest poprawny, kolejność rozdziałów i podrozdziałów logiczna. Praca jest napisana poprawną polszczyzną, a literówki i drobne niedociągnięcia są rzadkością. Analiza metodologicznej strony wykonanych badań jednoznacznie wskazuje na oryginalne podejście Autora do realizacji postawionego zadania badawczego, co stanowi punkt wyjścia do wyrażenia pozytywnej opinii odnośnie do oceny dysertacji.

Ogromnym atutem pracy jest wspomniana wcześniej wieloaspektowość wykonanych badań, z wykorzystaniem zaleceń odniesionych do konkretnych metod zamieszczonych w odpowiednich aktach prawnych. Doktorant, po obszernych studiach literaturowych, dokonał starannie przemyślanej procedury polegającej na weryfikacji „krok po kroku” kolejnych materiałów, które teoretycznie mogłyby stanowić materiał do otoczkowania nawozów. Weryfikacja, o której mowa, została wykonana z wykorzystaniem konkretnych (uznanych) procedur. Autor stara się uzasadniać, w oparciu o własną wiedzę i dane literaturowe, podejmowane decyzje analityczne. To z kolei wskazuje na doskonale przygotowanie merytoryczne Pana magistra Boberskiego oraz praktyczne opanowanie warsztatu pracy, a kompleksowe podejście do podjętego tematu badawczego w powiązaniu z umiejętnością wyciągania wniosków zasługują na uznanie. Uważam, że efekt końcowy jest ponadprzeciętny, dlatego praca zasługuje na wyróżnienie.

5. Wniosek końcowy

Na podstawie dokonanej oceny formalnej, metodycznej i merytorycznej rozprawy doktorskiej mgr. inż. Przemysława Boberskiego pt. „Opracowanie biodegradowalnej otoczki dla kompozycji nawozowej charakteryzującej się kontrolowanym/spowolnionym uwalnianiem składników odżywczych” stwierdzam, że praca stanowi oryginalne osiągnięcie naukowe, wnosi wiele nowych aspektów poznawczych i użytkowych, spełniając wymagania stawiane pracom doktorskim, w tym o charakterze wdrożeniowym.

Biorąc powyższe pod uwagę, zgodnie z Ustawą z dnia 3 lipca 2018 r. – Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 r., Poz. 1669), wnioskuję do Rady Dyscypliny Inżynieria Chemiczna Politechniki Śląskiej o dopuszczenie Pana mgr. inż. Przemysława Boberskiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego w dyscyplinie Inżynieria Chemiczna. Jednocześnie wnoszę o wyróżnienie rozprawy stosowną nagrodą.

Podpisano odręcznie przez autora

Prof. UPP dr hab. Jarosław Potarzycki