

Prof dr hab. Jan Łabętowicz
Wydział Rolnictwa i Biologii SGGW
Zakład Chemii Rolniczej

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Moniki Mierzwy-Hersztek

pt. „Aspekty nawozowe i środowiskowe stosowania materiałów kompostowanych z dodatkiem polimerów otrzymanych z polietylenu i skrobi kukurydzianej”.

Ocena problematyki rozprawy

Na przestrzeni ostatnich kilkudziesięciu lat obserwuje się intensywny wzrost produkcji różnych materiałów polimerowych, opartych głównie na bazie polietylenu, znajdujących wszechstronne zastosowanie w różnych obszarach gospodarki. Ze względu na ich korzystne walory użytkowe, zastąpiły one na olbrzymią skalę dotychczasowe tradycyjne opakowania z papieru, drewna czy szkła. Ich wysoka trwałość i odporność na warunki środowiskowe, stanowiąca zaletę dla użytkownika stanowi zasadniczą wadę z punktu widzenia ich utylizacji jako odpadów. Odpadowe materiały polimerowe, ze względu na ich odporność na biodegradację, stały się współcześnie jednym z najbardziej uciążliwych odpadów, których recykling stanowi istotny problem gospodarki odpadowej.

Jednym z podejmowanych współcześnie kierunków badawczych nad rozwiązaniem problemu odpadów polietylenowych jest dążenie do osłabienia odporności wyrobów z polietylenu na biodegradację. Najczęściej uzyskuje się to poprzez wprowadzenie do surowca polietylenowego polimeru naturalnego, którym zwykle jest skrobia, celuloza lub żelatyna, w ilości nie obniżającej jego walorów użytkowych, ale zwiększających podatność na biologiczną degradację. Zakłada się, że wyrób polimerowy z dodatkiem biokomponenta naturalnego, po zakończeniu cyklu użytkowania, powinien być bardziej podatny na degradację w procesach recyklingu biologicznego.

Dotychczasowe badania w tym zakresie koncentrowały się głównie na ocenie oddziaływania środowiska kompostu lub środowiska glebowego, na właściwości różnych materiałów polimerowych w warunkach kontrolowanych. W pracach badawczych dotyczących tej problematyki nie zajmowano się najczęściej dalszym wykorzystaniem materiałów po procesie kompostowania, na przykład w rolnictwie. W efekcie uzyskane

wyniki miały ograniczony zakres praktycznego zastosowania, ponieważ nie uwzględniały one najczęściej wpływu roślinności na rozkład materiałów polimerowych, ani skutków zastosowania tych odpadów dla właściwości gleby.

Niniejsza praca doktorska podejmuje tę ważną problematykę poprzez ocenę możliwości biodegradacji materiałów polimerowych wytworzonych na bazie polietylenu i termoplastycznej skrobi kukurydzianej w procesie kompostowania a także poprzez wpływ wytworzonych kompostów na środowisko przyrodnicze w warunkach eksperymentu polowego z rośliną uprawną. Skala następującej biodegradacji materiałów polimerowych w środowisku kompostu i w warunkach pola uprawnego jest przedmiotem szczegółowej i wszechstronnej oceny.

W powyższym kontekście problematyka rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Moniki Mierzwy-Hersztek jest więc trafnie dobrana, tym bardziej, że opiera się o nowoczesną technikę badawczą i obszerny materiał eksperymentalny, co tworzy podstawy do miarodajności proponowanego w pracy doktorskiej programu badań.

Ocena formalna rozprawy

Niniejsza rozprawa ma postać, wyjątkowo obszernej, monotematycznej dysertacji. Składa się ze 297 stron tekstu zawierającego 53 tabele i 65 rysunków (w tym rysunki z podpunktami). Ponadto rozprawa zawiera kilkustronicowy wykaz literatury zawierający 347 pozycji piśmiennictwa w tym 200 prac angielskojęzycznych. W tej ilości 186 prac stanowią pozycje z ostatnich 10 lat. Treść rozprawy została szczegółowo podzielona na rozdziały i liczne podrozdziały wyodrębnione w spisie co, mimo dużej objętości pracy, nadaje rozprawie dużą przejrzystość.

Pierwszy rozdział pracy stanowi wstęp połączony z przeglądem literatury. W rozdziale tym na 15 stronach autorka szczegółowo omawia podstawowe pojęcia z chemii polimerów, charakteryzuje skład morfologiczny odpadów komunalnych w kraju, wskazując na znaczący udział w nich odpadów polimerowych. Omawia także kierunki prac badawczych podejmowanych współcześnie w zakresie wytwarzania materiałów polimerowych przyjaznych dla środowiska oraz wskazuje na sposoby umożliwiające przyspieszenie procesu degradacji polietylenu odpadowego. Szeroko omawia kierunki badawcze podejmujące rozwiązanie problemu degradacji polietylenu na drodze połączenia go z polimerami naturalnymi takimi jak skrobia, celuloza czy żelatyna. Wskazuje na czynniki wpływające na proces degradacji polimerów podając ich klasyfikację. W dalszej kolejności omawia kompostowanie jako metodę recyklingu organicznego, podkreślając jego biochemiczny

charakter oparty o mikroorganizmy tlenowe, koncentrując się na kompostowaniu materiałów polimerowych zawierający biokomponent pochodzący z surowców naturalnych. Szczególną uwagę zwraca na mechanizmy biochemiczne prowadzące do dekompozycji związków chemicznych zawartych w materiałach polimerowych, katalizowane przez enzymy wytwarzane przez mikroorganizmy.

Treść tego rozdziału jest trafnie dobrana i świadczy o dobrym odczuciu autorki. Na podstawie przedstawionego przeglądu literatury doktorantka, w krótkim półtorastronicowym rozdziale formułuje cele pracy oraz, w formie rysunku, prezentuje zakres pracy i kolejność przeprowadzanych eksperymentów. Są one dobrze określone od strony merytorycznej i wystarczająco dokładnie precyzują zamiary badawcze doktorantki.

Trzeci rozdział rozprawy obejmuje zawarty aż na 38 stronach opis warunków przeprowadzonych badań i zastosowanej metodyki. Jest on jak na rozprawę doktorską, wyjątkowo obszerny, co wynika z bardzo szerokiego programu badawczego, zastosowanego przez autorkę.

Koncepcja badań i poprawność eksperymentów. Praca od strony metodycznej obejmuje dwa powiązane ze sobą obszary badań. (i) Pierwszy obszar dotyczy sporządzenia mieszanin biomasy roślinnej z dodatkiem materiałów polimerowych, które po procesie kompostowania trwającym 6 miesięcy, poddano ocenie pod kątem właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych. (ii) Drugi obszar badawczy obejmuje dwuletnie doświadczenie polowe założone na dwóch glebach o zróżnicowanym składzie granulometrycznym z życią trwałą jako rośliną testową, w którym zastosowano wytworzone komposty, oceniając ich oddziaływanie na plon i środowisko glebowe w szerokim zakresie poprzez ocenę zmian we właściwościach fizycznych, chemicznych i biologicznych.

Tak zarysowana koncepcja badań jest, z punktu widzenia postawionych celów badawczych, właściwa bowiem pozwala ocenić skalę destrukcji zastosowanych materiałów polimerowych dwuetapowo, zarówno w środowisku kompostu jak i w środowisku glebowym, co jest istotnym walorem przeprowadzonych badań.

(i) Odnosząc się do pierwszego obszaru badań, oceniam, że autorka założyła eksperyment z kompostowaniem poprawnie, zgodnie z obowiązującą w tym zakresie metodologią. Jako substrat organiczny do kompostowania użyto mieszaniny czterech różnych materiałów organicznych, co pozwoliło zapewnić optymalny dla procesu kompostowania stosunek C:N. Do tak przygotowanej masy organicznej dodano, w ilości 5 % (w stosunku do suchej masy) rozdrobnioną folię wytworzoną z polietylenu z różnym dodatkiem termoplastycznej skrobi kukurydzianej (30, 45 i 60%). Ponadto w eksperymencie występują

dwa dodatkowe obiekty a mianowicie obiekt kontrolny stanowiący mieszaninę materiałów roślinnych bez dodatku materiałów polimerowych oraz obiekt, w którym obok materiału polimerowego z najwyższym dodatkiem skrobi (60%) dodano szczepionkę mikrobiologiczną w formie preparatu do kompostowania. Do obiektów z materiałem polietylenowym dodano także zmienne ilości kompatybilizatora uzależnione od udziału w nim skrobi. Cały eksperyment przeprowadzono w dwóch powtórzeniach. Opis warunków prowadzenia kompostowania, który trwał 6 miesięcy jest przejrzysty, udokumentowany zdjęciami i wykresem obrazującym przebieg temperatury, co wskazuje, że był przeprowadzony zgodnie z obowiązującą w tym zakresie metodyką. Jedyne uwagi jakie nasunęły mi się przy analizie tego eksperymentu to pytania dlaczego zróżnicowano dawkę kompatybilizatora, w poszczególnych obiektach, oraz czym kierowano się ustalając dodatek materiału polimerowego do kompostowania na stosunkowo niskim poziomie wynoszącym 5%.

(ii) Dla oceny wpływu dogłębowej aplikacji kompostu z dodatkiem materiałów polimerowych, wytworzonego w pierwszym etapie badań, na plon roślin i środowisko glebowe, autorka przeprowadziła dwuletni eksperyment polowy założony na dwóch glebach różniących się składem granulometrycznym. Eksperyment został założony metodą losowanych bloków w 3 powtórzeniach i obejmował 7 obiektów badawczych identycznych w obu glebach. W 4 obiektach badawczych z kompostami o różnym dodatku materiałów polimerowych dodano nawozy mineralne aby zapewnić optymalne, pod względem zawartości składników, warunki wegetacji rośliny testowej, którą była życica trwała. Z tego względu w eksperymencie występują aż trzy obiekty odniesienia; obiekt zerowy bez nawożenia, obiekt nawożony wyłącznie nawozami mineralnymi i obiekt nawożony nawozami mineralnymi z kompostem ale bez dodatku materiałów polimerowych. Takie ukształtowanie schematu eksperymentu uważam za wysoce poprawnie pod względem metodycznym, bowiem pozwala to ocenić wszechstronnie efektywność nawożenia kompostami. Również zastosowaną dawkę kompostu odniesioną do maksymalnej dopuszczalnej ustawowo zawartości w nim azotu uważam za dobre rozwiązanie, bowiem kwestia kryterium dawki materiałów organicznych w tego typu eksperymentach często budzi różne wątpliwości. Powierzchnia poletek w doświadczeniu wynosiła 1m^2 , co jak na doświadczenie polowe jest powierzchnią wyjątkowo małą. Oczywiście rozumiem ograniczenia w tym zakresie wynikające z ilości dostępnego kompostu, ale być może należałoby mówić o eksperymencie mikropoletkowym a nie polowym. Opisy dotyczące przeprowadzenia eksperymentów polowych i warunków meteorologicznych w trakcie trwania doświadczeń są dokładne i wykonane z należytą starannością. Wskazują one na pełną poprawność metodyczną eksperymentów polowych.

Metody badawcze. Zakres metod badawczych zastosowanych przez doktorantkę zarówno do analizy kompostów jak i gleby jest bardzo szeroki. Obejmuje dużą liczbę metod zarówno fizycznych, chemicznych jak i biologicznych. Skalę zastosowanych w pracy doktorskiej różnorodnych narzędzi badawczych dobrze obrazują liczby; naliczyłem w odniesieniu do obu eksperymentów, laboratoryjnego i polowego, aż blisko 40 różnych metod badawczych. Niektóre z nich to standardowe pomiary takich podstawowych parametrów jak kwasowość, zawartość suchej masy, czy zawartość makro i mikrośladników w biomacie roślinnej i glebie oznaczone metodą ICP czy skład elementarny przy zastosowaniu analizatora CHNS. Ale wiele metod zastosowanych przez doktorantkę to wysoce specjalistyczne analizy fizyczne, które zastosowała do oceny stopnia biodegradacji materiałów polimerowych. Zaliczam tu przede wszystkim metody pomiaru powierzchni właściwej oraz wielkości i objętości porów a także analizy spektralne z wykorzystaniem spektroskopii w podczerwieni oraz analizy badania struktury kompostów i materiałów polimerowych za pomocą skaningowej mikroskopii elektronowej. Duże znaczenie z punktu widzenia celów pracy, mają także metody chemiczne zastosowane do oceny właściwości chemicznych kompostu i gleby. Wśród nich na podkreślenie zasługują metody ekstrakcji kwasów humusowych z kompostów pozwalające wyliczyć zawartość węgla kwasów humusowych i fulwowych, węgla niehydrolizującego i stopień humifikacji kompostów a także pomiary właściwości optycznych roztworów kwasów huminowych. Wśród zastosowanych metod na podkreślenie zasługuje wyznaczenie w eksperymencie polowym krzywych wodnej retencji gleb i na tej podstawie wyliczenie różnych rodzajów wody glebowej w różnych obiektach nawozowych. Na podkreślenie zasługuje także szeroki program badawczy metod biologicznych obejmujących takie parametry jak liczebność grup drobnoustrojów, aktywność enzymatyczna, ekotoksyczność z zastosowaniem dwóch organizmów testowych oraz wzrost i rozwój grzybów polifagicznych. Podane opisy zastosowanej w pracy metodyki badawczej są czytelne i zgodne z obowiązującymi w tym zakresie normami. Rozdział ten jest bardzo kompetentnie opracowany i nie budzi zastrzeżeń.

W podsumowaniu nasuwa się pytanie czy jest uzasadnione z punktu widzenia celów rozprawy doktorskiej podjęcie tak szerokiego programu badawczego. Zapewne jest to kwestia dyskusyjna, natomiast mając na uwadze walory edukacyjne pracy a więc poznanie przez doktorantkę w tak szerokim zakresie warsztatu badawczego chemii rolnej i środowiskowej, oceniam, podjęty w pracy doktorskiej zakres metodyczny jako wysoce użyteczny.

Obliczenia i analiza statystyczna wyników. Doświadczenia wykonane w ocenianej pracy zostały przeprowadzone z zachowaniem dobrej praktyki eksperymentalnej. Założono je w

odpowiedniej liczbie powtórzeń i zastosowano dobrze dobrany model statystyczny. Uzyskane wyniki poddano standardowej jedno- lub dwuczynnikowej analizie wariancji stosując układ losowy z zastosowaniem testu F-Fishera. Istotność różnic między wartościami średnimi dla poszczególnych obiektów zweryfikowano na podstawie grup jednorodnych wyznaczonych testem Duncana przy poziomie istotności $p \leq 0,05$. Ponadto wyliczono wartości odchylenia standardowego i współczynniki korelacji. Wszystkie obliczenia statystyczne zostały wykonane z zastosowaniem pakietu Statistica 12,5 PL i nie budzą zastrzeżeń. Wszystkie analizy chemiczne materiału doświadczalnego dotyczącego kompostów, gleby i roślin prowadzono aż w trzech powtórzeniach z użyciem odpowiednich materiałów referencyjnych, co pozwoliło wyliczyć precyzję i dokładność oznaczeń. Wskazuje to na dużą dbałość doktorantki o poprawność uzyskanych wyników. Zastosowanie w szerokim zakresie dobrze dobranych metod statystycznych do oceny i interpretacji uzyskanych wyników znacząco podnosi walory ocenianej pracy doktorskiej, czyniąc uzyskane uogólnienia i wnioski wysoce miarodajnymi.

Wyniki badań. Rozdział czwarty rozprawy „Wyniki i dyskusja” stanowi najobszerniejszą część pracy i obejmuje zawarte na 205 stronach szczegółowe omówienie uzyskanych wyników eksperymentalnych wraz z ich odniesieniem do wyników innych badaczy, z którymi autorka często podejmuje merytoryczną dyskusję. Rozdział ten zawiera 9 podrozdziałów, w których wyodrębniono jeszcze 20 podrozdziałów drugiego stopnia. W rozdziale tym omówiono bardzo drobiazgowo, kolejno uzyskane wyniki, wskazując na zmiany właściwości fizycznych ze szczególnym podkreśleniem materiałów polimerowych, po procesie kompostowania i po zakończeniu doświadczeń polowych. Doktorantka analizuje i konfrontuje z literaturą także wyniki właściwości chemicznych i biologicznych dla kompostów i gleb w doświadczeniu polowym.

Rozdział ten od strony merytorycznej jest napisany bardzo kompetentnie. Doktorantka podejmuje szeroką dyskusję z wynikami innych badaczy, podaje także szczegółowe wyjaśnienia o dużych walorach edukacyjnych dla czytelnika. Autorka wykazała się dużą umiejętnością powiązania wyników własnych badań z danymi z literatury, co wskazuje na dużą jej wiedzę w zakresie problematyki będącej przedmiotem rozprawy. Rozdział ten jednoznacznie wskazuje na bardzo dobre odczytanie doktorantki w literaturze fachowej i jej duże kompetencje naukowe w przedmiotowej tematyce badawczej.

Odnosząc się natomiast do technicznej strony pracy uważam, że przedstawione opisy są nadmiernie szczegółowe. Wiele odniesień do literatury nie dotyczy bezpośrednio celu pracy, choć są one wartościowe i wskazują na wszechstronne zainteresowania doktorantki

tematyką przedmiotu. Autorka wprowadzając wątki uboczne koncentruje się często na kwestiach drugorzędnych dla celów pracy, co jest przyczyną tak dużej objętości. Zakres badań i podjęta tematyka nie wymagały tak obszernych opisów i dyskusji literaturowych – interesujących, ale często ubocznych. Uwagę tę czynię nie jako krytyczną w stosunku do pracy, ale jako dobrą radę na przyszłość istotną przy opracowywaniu pracy doktorskiej dla celów publikacyjnych. Ponadto w opisach uzyskanych wyników, nadmiernie przytacza się dane liczbowe z zamieszczonych tabel. Brak jest natomiast jednoznacznych podsumowań i konkluzji pod wieloma podrozdziałami, co czyni pracę trudną w odbiorze i powoduje, że jej przeczytanie ze zrozumieniem jest czasochłonne. Utrudniło to także autorce syntetyczne zapisanie uzyskanych wyników w formie wniosków. Takie podejście czyni ten rozdział nadmiernie analitycznym a zbyt mało syntetycznym.

Drobne uwagi dotyczące formalnej części pracy są następujące:

-rozdział 4.1. pt. „Charakterystyka materiałów roślinnych i materiałów polimerowych użytych do procesu kompostowania”, powinien być umieszczony w części metodycznej a nie w rozdziale „Wyniki badań i dyskusja”

-pod wieloma wykresami brak jest objaśnień, Autorka odsyła do pierwszego wykresu co formalnie jest poprawne ale utrudnia interpretację wyników.

-brak odniesienia do wyników skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM) badanych kompostów zobrazowanych na fotografii 10, str. 78.

-na stronie 89 autorka pomyłkowo stwierdziła, że najmniejszą zawartością potasu i fosforu w spośród badanych kompostów cechował się kompost K+F1. Z danych tabeli 18 wynika, że jest odwrotnie.

-na str. 125 stwierdzenie, że azot może być pobierany przez rośliny w trzech formach a wśród nich w formie cząsteczkowej jest nadmiernym uproszczeniem.

-na stronach 175/176 przy omawianiu zmian zakwaszenia pod wpływem czynników doświadczenia autorka podaje wartości pH, o jakie nastąpiły zmiany zakwaszenia gleby. Nie jest to poprawne bowiem pamiętając o skali logarytmicznej należy podać z jakiego zakresu pH jest ta zmiana (od...do...)

-na str. 218 autorka odnosząc się do niewielkich zmian zawartości miedzi po dwóch latach badań w glebie pod wpływem nawożenia kompostami wyraża opinię, że spowodowane to jest „prawdopodobnie niewielkimi ich dawkami”. Pragnę przypomnieć, że jak wynika z metodyki, były to maksymalne dawki dopuszczone przez prawo. Stwierdzenie to nie jest ścisłe. Dla wykazania istotnego wpływu nawozowych materiałów organicznych na środowisko glebowe należałoby prowadzić eksperyment przez dłuższy okres czasu, niż dwa

lata stosując nawożenie kilkakrotnie, co oczywiście wykracza poza ramy czasowe pracy doktorskiej.

Na zakończenie pracy doktorantka formułuje aż 22 wnioski. Analiza ich treści wskazuje, że są one na ogół od strony merytorycznej poprawne i znajdują potwierdzenie w uzyskanych wynikach badań. Natomiast krytycznie odnoszę się do ich formy. Po pierwsze jest ich zbyt dużo, tak zaprezentowane, stanowią raczej stwierdzenia wynikające z badań, na podstawie których wnioski należy dopiero sformułować lub pogrupować je przynajmniej w bloki tematyczne. Przykładowo takimi blokami tematycznymi lub odrębnymi wnioskami mogą być: I wnioski 1,2,3, II wnioski 8,9,10 itp.

Ocena merytoryczna rozprawy

Analizując wyniki rozprawy doktorskiej daje się wyraźnie wyodrębnić trzy obszary tematyczne.

Pierwszy z nich dotyczy zmian właściwości fizycznych materiałów polimerowych w dwóch powiązanych ze sobą cyklach badawczych; po procesie kompostowania i po zakończeniu doświadczeń polowych. Autorka pragnie ocenić w jakim stopniu syntetyczne materiały polimerowe, wytworzone na bazie polietylenu z różnym dodatkiem skrobi jako polimeru naturalnego, będą podlegać destrukcji po półrocznym przebywaniu w środowisku kompostu i dwuletnim zaleganiu w środowisku glebowym.

W badaniach dotyczącej tej części wykazano, że proces destrukcji materiałów polimerowych, zarówno w środowisku kompostu jak i gleby jest procesem stosunkowo powolnym. Świadczą o tym stosunkowo niewielkie zmiany widm spektralnych w podczerwieni wykonane po kompostowaniu i po zakończeniu doświadczenia polowego. Szczegółowa analiza danych z analizy podczerwieni wykazała, że pasma potwierdzające obecność połączeń tlenowych pojawiały się sporadycznie, co wskazuje na niewielkie zaawansowanie procesów destrukcji materiałów polimerowych w horyzoncie czasowym przeprowadzonych badań. Jednak w ramach tej prawidłowości jak wykazała autorka, zaznaczyły się w tym zakresie istotne różnice wskazujące, że w materiale polimerowym z największym dodatkiem skrobi (F3 - 60% skrobi i 30% polietylenu i 10% kompatybilizatora) w porównaniu do materiałów polimerowych o mniejszym udziale skrobi, zaznaczyły się zmiany świadczące o zainicjowaniu procesu destrukcji. Interesującym wynikiem w tym zakresie jest wykazanie, że środowisko kompostu w większym stopniu sprzyjało tworzeniu nowych wiązań tlenowych w materiałach polimerowych niż środowisko gleby, co wskazuje, że inicjuje ono procesy destrukcji tych materiałów bardziej skutecznie niż gleba. Pewnym

zaskoczeniem jest wynik wskazujący, że dodatek szczepionki mikrobiologicznej praktycznie nie wpływał na przyspieszenie rozkładu materiału polimerowego, choć jak wykazano na podstawie wyników mikroskopii skaningowej na powierzchni widoczne są liczne uszkodzenia. Wyniki badań autorki wskazują, że półroczny okres kompostowania oraz dwuletni okres zalegania materiałów polimerowych w glebie nie spowodował na tyle znaczących zmian w ich strukturze aby można jednoznacznie wnioskować o ich degradacji. Na tle uzyskanych przez autorkę wyników powstaje pytanie, na ile kierunek recyklingu odpadowych materiałów polimerowych, poprzez ich modyfikację polimerami naturalnymi i utylizację przyrodniczą jest obiecujący? Oczekuję ustosunkowania się do tej kwestii.

Drugi obszar tematyczny dotyczy analizy właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych kompostów po procesie kompostowania masy organicznej z dodatkiem materiałów polimerowych. Autorka w tej części swych badań pragnie ocenić walory uzyskanych kompostów, analizując je w kontekście zastosowanych materiałów polimerowych. Doktorantka wykazała, że proces kompostowania w niewielkim stopniu był modyfikowany dodatkiem komponentów polimerowych. W badaniach swych wykazała, że wprowadzony do kompostowanej masy dodatek różnych materiałów polimerowych nie wpłynął negatywnie na przebieg procesu kompostowania i jakość produktu finalnego. Wyrażało się to brakiem istotnych zmian w składzie chemicznym kompostów i brakiem istotnych zmian w przyswajalności pierwiastków, a także brakiem wpływu na wskaźnik humifikacji i stosunek kwasów huminowych do fulwowych.

W szczegółowej analizie stopnia zaawansowania procesu humifikacji kompostów na podstawie oceny ich własności optycznych w zakresie UV-VIS wykazano jednak interesujące zależności a mianowicie stwierdzono, że dodatek materiałów polimerowych do kompostu spowalniał nieco proces humifikacji kompostowanej masy.

Szczególne interesujące są wyniki analizy właściwości biologicznych kompostów, w których wykazano szereg interesujących prawidłowości. (i) Wykazano na znaczące zwiększenie się liczebności bakterii, promieniowców oraz niektórych grzybów w kompostach z dodatkiem materiałów polimerowych. (ii) Wykazano, także, że proces rozkładu enzymatycznego materiału polimerowego najintensywniej przebiegał w kompoście z materiałem polimerowym o największym dodatku skrobi (K+F3), co związane było, jak wykazano w badaniach doktorantki, z największą ilością bakterii amylolitycznych w tym obiekcie. (iii) szczególnie interesujące są wyniki badań, w których wykazano pozytywne oddziaływanie kompostów z dodatkiem materiałów polimerowych na obniżenie potencjału rozwojowego szeregu grzybów powodujących groźne choroby roślin uprawnych, co przy ich

doglebowym zastosowaniu może stanowić istotny czynnik ich zwalczania (iv) w wyniku wykonanych badań toksykologicznych z wykorzystaniem standardowego zestawu biotestów wykazano, że dodatek materiałów polimerowych na ogół zwiększał toksyczność kompostu, przy czym najniższy poziom toksyczności wykazał kompost z najniższym udziałem materiału polimerowego i największym udziałem skrobi (F3). Ten wynik wymaga jednak szerszego komentarza ze strony autorki, a mianowicie na ile uzyskany wynik odnosi się wyłącznie wąsko do organizmów testowych a na ile można go uogólnić przenosząc na populację generalną?

Trzeci obszar tematyczny stanowi kompleksową ocenę oddziaływania kompostów z dodatkiem materiałów polimerowych na plon roślin, ich skład chemiczny oraz właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne gleb w ramach dwuletniego doświadczenia polowego.

W badaniach tych na obszernym materiale eksperymentalnym, na ogół wykazano, że komposty z dodatkiem materiałów polimerowych w zasadzie nie wpłynęły negatywnie na plonowanie rośliny testowej, ani nie spowodowały także istotnych zmian w parametrach fizycznych, chemicznych i biologicznych gleb, niezależnie od ich kategorii agronomicznej choć, jak zastrzega się autorka, dwuletni okres badań to zbyt krótko aby dać pełną ocenę uwzględniającą także działanie następcze, które w tego typu badaniach jest istotne.

W podsumowaniu oceny merytorycznej pragnę podkreślić, że przeprowadzone badania, choć nie dają jednoznacznych odpowiedzi na wiele pytań postawionych w celach badawczych, to jednak ze względu na bardzo szerokie spektrum nowoczesnych metod badawczych zastosowanych w pracy, stanowią doskonałe studium metodyczne nad trudnym i złożonym problemem przyrodniczej utylizacji odpadowych materiałów polimerowych. Pragnę także podkreślić dużą dbałość i ostrożność doktorantki w formułowaniu uogólnień, co przejawia się w dyscyplinie interpretacji wyników, w ścisłym powiązaniu z analizą statystyczną. Niewątpliwym walorem pracy jest także bardzo szerokie odniesienie uzyskanych wyników do aktualnej literatury naukowej, niekiedy być może nadmierne, ale z punktu widzenia walorów edukacyjnych wartościowe.

Wniosek końcowy

W podsumowaniu pragnę podkreślić, że praca zawiera wyjątkowo obszerny materiał eksperymentalny. Uzyskane wyniki są wartościowe pod względem naukowym a wykazane niedociągnięcia są stosunkowo łatwe do usunięcia w toku procesu redakcyjnego przygotowującego pracę zapewne do kilku publikacji. Należy zaznaczyć, że przygotowanie ocenianej rozprawy wymagało bardzo dużego nakładu pracy w trakcie procesu badawczego.

Autorka wykazała niewątpliwie duże zaangażowanie w realizowaniu badań, bardzo dobrze opanował metodykę badań chemiczno-rolniczych, technikę pracy badawczej i analizę statystyczną danych eksperymentalnych. Uważam, że doktorantka swą pracą wykazała, że ma dobre predyspozycje do pracy naukowej.

W świetle powyższej oceny stwierdzam, że praca doktorska Pani mgr inż. Moniki Mierzwy-Hersztek spełnia wszelkie wymogi ustawowe stawiane rozprawom doktorskim. Zwracam się zatem do Wysokiej Rady Wydziału Rolniczo-Ekonomicznego Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie o jej dopuszczenie do publicznej obrony.

Warszawa 17 sierpnia 2017 r.



Jan Łabętowicz