

Dr hab. Dariusz Wrona, prof. SGGW
Katedra Sadownictwa i Ekonomiki Ogrodnictwa
Instytut Nauk Ogrodniczych
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

RECENZJA

pracy doktorskiej mgr inż. Mateusza Frąca pt.: „Wykorzystanie biowęgla i pożytecznych mikroorganizmów w uprawie brzoskwini”

Praca została wykonana w Zakładzie Mikrobiologii i Ryzosfery Instytutu Ogrodnictwa – Państwowego Instytutu Badawczego w Skierniewicach, pod kierunkiem promotora prof. dr hab. Lidii Sas-Paszt.

1. Ocena formalna rozprawy

Przedłożona do oceny rozprawa doktorska została przygotowana jako rozprawa oparta na cyklu publikacji naukowych. Obejmuje trzy opublikowane artykuły naukowe w czasopismach recenzowanych opisujących zagadnienie związane z wykorzystaniem biowęgla i pożytecznych mikroorganizmów w uprawie polowej brzoskwini:

1. **Frąc M.**, Sas-Paszt L., Sitarek M. **2022**. Influence of biochar on the vegetative and generative growth of ‘Meredith’ peach trees. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus* 21(5): 61-69. (IF2022 0,695; MNiSW 100 pkt)
2. **Frąc M.**, Sas-Paszt L., Sitarek M. **2023**. Macro and microelements in leaves of ‘Meredith’ peach cultivar supplied with biochar, organic and beneficial biofertilizer combinations. *Agriculture* 13(5): 1-11. (IF2023 3,3; MNiSW 140 pkt)
3. **Frąc M.**, Sas-Paszt L., Sitarek M. **2023**. Changes in the mineral content of soil following the application of different organic matter sources. *Agriculture* 13(6): 1- 11. (IF2023 3,3; MNiSW 140 pkt),

oraz uzupełniające, niepublikowane wyniki badań dotyczące zmian mikrobiomu gleby i stopnia kolonizacji korzeni przez arbuskularne grzyby mikoryzowe. We wszystkich publikacjach Doktorant jest pierwszym autorem a także autorem korespondencyjnym odpowiedzialnym za kontakt z wydawcą i środowiskiem naukowym oraz koordynację procesu wydawniczego. Łączny dorobek publikacyjny stanowiący podstawę rozprawy obejmuje publikacje o łącznym Impact Factor 7,295 oraz 380 punktach MNiSW.

Układ rozprawy odpowiada wymaganiom stawianym rozprawom doktorskim przygotowanym w formie cyklu publikacji. Praca zawiera: streszczenie, wprowadzenie, cel i hipotezy badawcze, opis materiałów i metod, syntetyczne omówienie wyników, dyskusję, podsumowanie, bibliografię liczącą 55 pozycji literatury, wykaz dorobku naukowego, oraz załączone publikacje. Dołączone są również oświadczenia autorów o ich wkładzie w powstanie każdej pracy. Na podkreślenie zasługuje przejrzysty układ pracy oraz logiczna kolejność poszczególnych rozdziałów.

2. Ocena wyboru tematu

Temat pracy został obrany bardzo trafnie. Problematyka wykorzystania biowęgla oraz mikroorganizmów wspomagających wzrost roślin należy obecnie do najważniejszych kierunków badań nad zrównoważonym rolnictwem i sadownictwem. Rosnące wymagania dotyczące ograniczenia nawożenia mineralnego, poprawy jakości gleb oraz zwiększenia zawartości materii organicznej powodują, że poszukiwanie nowych technologii nawożenia stanowi aktualny problem badawczy. Autor trafnie wskazuje, że znaczna część badań światowych dotyczy roślin jednorocznych, natomiast danych odnoszących się do wieloletnich upraw sadowniczych jest nadal niewiele. Reprezentująca ten kierunek badań praca doktorska mgr inż. Mateusza Frąca podejmuje w sposób kompleksowy i nowoczesny tę złożoną problematykę, wnosząc do naszej wiedzy nowe, cenne informacje. Tym samym podjęta tematyka ma charakter zarówno poznawczy, jak i aplikacyjny a badania tego typu należy uznać za bardzo trafne i w pełni uzasadnione.

Za szczególnie cenne należy uznać: prowadzenie doświadczenia przez 3 sezony wegetacyjne, ocenę jednocześnie parametrów wzrostu, plonowania, składu mineralnego roślin i gleby, rozszerzenie badań o analizę mikrobiologiczną oraz ocenę kolonizacji mikoryzowej. Tak szerokie ujęcie problemu stanowi mocną stronę rozprawy.

3. Szczegółowa ocena pracy

Praca przedstawiona mi do recenzji ma układ typowy dla tego rodzaju opracowań i liczy 63 strony. Poszczególne rozdziały i podrozdziały stanowią logiczną całość. Załączone anglojęzyczne pełne teksty publikacji naukowych oraz oświadczenia współautorów poprzedza opis osiągnięcia naukowego Doktoranta.

Tytuł pracy „Wykorzystanie biowęgla i pożytecznych mikroorganizmów w uprawie brzoskwini” jest poprawnie sformułowany, w pełni przedstawia tematykę i zakres przeprowadzonych badań.

Spis treści w sposób bardzo szczegółowy informuje o zawartości pracy, co umożliwia szybkie odszukanie interesujących czytelnika zagadnień.

Streszczenie rozprawy zostało zamieszczone zarówno w języku polskim na początku pracy, jak i w języku angielskim na jej końcu. Opracowano je w sposób jasny, zwięzły i przejrzysty, dzięki czemu czytelnik już na wstępie może zapoznać się z zakresem, celem oraz przebiegiem przeprowadzonych badań, a także z najważniejszymi uzyskanymi wynikami.

Rozdział wprowadzający został opracowany w sposób merytoryczny i przekonujący. Autor trafnie wskazuje na wyzwania stojące przed współczesnym sadownictwem, wynikające z konieczności ograniczenia presji środowiskowej oraz zwiększania efektywności wykorzystania zasobów glebowych. Szczególnie dobrze przedstawiono znaczenie biologicznych metod wspomagania produkcji sadowniczej, wpisujących się w założenia Europejskiego Zielonego Ładu oraz strategii ograniczania stosowania nawozów mineralnych i środków ochrony roślin.

Doktorant wykazuje dobrą znajomość problematyki dotyczącej roli biowęgla w kształtowaniu właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych gleby. Jednocześnie zwraca uwagę na znaczenie pożytecznych mikroorganizmów jako elementu wspomagającego funkcjonowanie ryzosfery oraz poprawiającego wykorzystanie składników pokarmowych przez rośliny.

Na szczególne uznanie zasługuje przedstawienie problemu badawczego nie tylko z punktu widzenia produkcyjnego, lecz również środowiskowego. Autor słusznie podkreśla możliwość wykorzystania biowęgla jako materiału zwiększającego sekwestrację węgla w glebie oraz poprawiającego jej właściwości biologiczne. Zamieszczone dane poparł licznymi cytatami z literatury, które świadczą o dobrym przygotowaniu Doktoranta do badań w tym zakresie.

Cel badań został sformułowany jasno, logicznie i pozostaje w ścisłym związku z przedstawionym przeglądem literatury. Autor poprawnie identyfikuje problem badawczy oraz formułuje hipotezy umożliwiające ich eksperymentalną weryfikację.

Rozdział materiał i metody badań jest napisany jasno i przejrzysto. Opisano w nim poszczególne etapy badań a także sprecyzowano ich zakres. Zastosowana metodyka badawcza jest właściwie dobrana do realizacji postawionych celów i obejmuje zarówno klasyczne metody oceny wzrostu i plonowania drzew, jak również nowoczesne analizy mikrobiologiczne służące charakterystyce mikrobiomu gleby. Świadczy to o dobrym przygotowaniu warsztatu badawczego Doktoranta oraz umiejętności wykorzystania współczesnych metod badawczych.

Autor zastosował siedem kombinacji doświadczalnych obejmujących biowęgiel, pożyteczne mikroorganizmy, nawóz organiczny oraz ich wzajemne kombinacje. Tak skonstruowany układ doświadczenia umożliwia ocenę zarówno działania poszczególnych czynników, jak również ich współdziałania.

W syntetycznym omówieniu treści poszczególnych publikacji wchodzących w skład rozprawy doktorskiej Autor przedstawia rezultaty wykonanych badań.

W pierwszym artykule naukowym (*Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus* 2022, 21(5): 61-69) przeanalizowano wyniki badań dotyczące wpływu biowęgla na wzrost wegetatywny i generatywny drzew brzoskwini odmiany 'Meredith'. Wyniki uzyskane w okresie trzech lat badań, dotyczące parametrów wzrostu i plonowania drzew brzoskwini (liczba i plon owoców, pole powierzchni i masa liści, przyrost pnia drzewa) wykazały, że łączne zastosowanie biowęgla z nawozem i biowęgla z pożytecznymi mikroorganizmami było lepszą metodą nawożenia roślin niż oddzielne stosowanie tych produktów. Biowęgiel zastosowany łącznie z nawozem lub mikroorganizmami poprawiał wzrost i plonowanie drzew brzoskwini.

W drugim artykule naukowym (*Agriculture* 2023, 13(5): 1-11) badania obejmowały określenie wpływu biowęgla, nawożenia i mikroorganizmów na zawartość makro- i mikroelementów w liściach. Wyniki przeprowadzonych badań wykazały wzrost zawartości potasu w liściach w kombinacjach, gdzie zastosowano biowęgiel aplikowany łącznie z nawozem oraz biowęgiel wzbogacony mikrobiologicznie. Zależności tej nie stwierdzono dla pozostałych, oznaczanych składników mineralnych. Biowęgiel aplikowany łącznie z nawozem wspomagał odżywienie roślin w azot, natomiast w okresie 3 lat nie potwierdzono istotnego wpływu biowęgla wzbogaconego mikrobiologicznie na zawartość azotu w liściach. Zastosowanie biowęgla z mikroorganizmami powodowało natomiast zwiększenie zawartości manganu w liściach brzoskwini, w porównaniu do kombinacji, w której zastosowano mikroorganizmy i mikroorganizmy z nawozem.

W trzecim artykule naukowym wchodzącym w skład ocenianej dysertacji (*Agriculture* 2023, 13(6): 1- 11) określano wpływ biowęgla i pożytecznych mikroorganizmów na zmianę zawartości makro- i mikroelementów oraz substancji organicznej w glebie. Biowęgiel zastosowany łącznie z nawożeniem wpłynął na zwiększenie zawartości potasu w glebie, natomiast gleba kontrolna miała najniższą zawartość tego pierwiastka. Gleba kontrolna miała także najniższą zawartość miedzi, zaś najwyższą zawartość miedzi w glebie odnotowano po aplikacji biowęgla z nawozem i biowęgla z mikroorganizmami. Analiza substancji organicznej w glebie wykazała zwiększanie jej zawartości w 3 kolejnych latach doświadczenia, w kombinacjach, gdzie doglebowo zastosowano biowęgiel.

Wyniki opublikowanych badań zostały uzupełnione o ocenę mikrobiomu glebowego oraz ocenę stopienia frekwencji mikoryzowej, po zastosowaniu biowęgla i pożytecznych mikroorganizmów. W badaniach nie zaobserwowano pozytywnych zmian w populacji grzybów i bakterii pod wpływem aplikacji biowęgla. Stopień frekwencji mikoryzowej w korzeniach drzew brzoskwini był bardzo zróżnicowany pomiędzy kombinacjami, w poszczególnych latach prowadzenia doświadczenia. Aplikacja samych mikroorganizmów utrzymywała stopień frekwencji mikoryzowej w korzeniach brzoskwini na zbliżonym poziomie, w okresie trzech lat prowadzenia badań (2016-2018).

Na zakończenie opisu osiągnięcia naukowego Doktorant zamieścił rozdział zawierający podsumowanie przeprowadzonych badań. W podsumowaniu tym odniósł uzyskane wyniki do postawionych hipotez badawczych, wskazując, które z nich zostały potwierdzone, a które nie znalazły potwierdzenia w świetle przeprowadzonych badań. Takie ujęcie pozwala na jednoznaczną ocenę stopnia realizacji założonych celów badawczych oraz poprawności weryfikacji przyjętych hipotez.

Do najważniejszych osiągnięć rozprawy doktorskiej mgr inż. Mateusza Frąca zaliczam:

- wykazanie, że łączne zastosowanie biowęgla z nawożeniem lub pożytecznymi mikroorganizmami istotnie poprawia wzrost i plonowanie drzew brzoskwini, przewyższając efekty stosowania poszczególnych komponentów oddzielnie.
- wykazanie, korzystnego wpływu biowęgla na właściwości gleby, w tym zwiększenie zawartości substancji organicznej oraz wybranych składników mineralnych, co sprzyja poprawie jej żyzności.
- wykazanie, wpływu biowęgla na stan odżywienia drzew brzoskwini, wykazując poprawę zaopatrzenia roślin przede wszystkim w azot i potas przy łącznym stosowaniu z nawożeniem.
- dostarczenie nowych danych dotyczących zastosowania biowęgla w wieloletnich uprawach sadowniczych w warunkach Polski, uzupełniając istniejącą lukę badawczą i wskazując na praktyczny potencjał tej technologii w zrównoważonej produkcji sadowniczej.

Doktorant nie ustrzegł się kilku drobnych usterek, głównie o charakterze redakcyjnym (literówki, spacje, przecinki), które zaznaczyłem w tekście maszynopisu. Dodatkowo rozprawa nasunęła mi kilka uwag szczegółowych z których przynajmniej część wymaga wyjaśnienia. Brakuje szerszego uzasadnienia wyboru dawki biowęgla. Nie wyjaśniono, dlaczego wybrano właśnie tę dawkę ani czy wynikała ona z wcześniejszych badań, zaleceń praktycznych lub doświadczeń wstępnych. Jest to o tyle istotne, że efekty działania biowęgla są silnie zależne od jego ilości.

W dyskusji niewiele miejsca poświęcono możliwemu wpływowi warunków pogodowych pomiędzy kolejnymi sezonami na uzyskane wyniki. Dyskusję wyników można byłoby wzbogacić o szersze odniesienie do potencjalnego wpływu zmienności warunków pogodowych pomiędzy kolejnymi sezonami wegetacyjnymi na uzyskane efekty, zwłaszcza w przypadku różnic obserwowanych między latami.

Pewien niedosyt budzi brak wyodrębnionego rozdziału zawierającego wnioski końcowe. Wnioski stanowią istotny element rozprawy doktorskiej, gdyż syntetycznie przedstawiają najważniejsze rezultaty badań oraz wskazują ich znaczenie naukowe i aplikacyjne. Ich zamieszczenie zwiększyłoby przejrzystość i wartość merytoryczną pracy.

W podrozdziałach 6.1.1, 6.2.1 oraz 6.4.1 wkradły się błędy dotyczące cytowania niektórych pozycji bibliografii: na stronie 18 jest Schaffert i Percival (2016) natomiast w bibliografii jest Schaffer i Percival (2016) oprócz tego na stronie 18 i 21 jest Khorram i inni (2018) natomiast w bibliografii jest ta sama pozycja z innym rokiem wydania (2019), na stronie 23 jest Anim (2016) natomiast w bibliografii jest Amin (2016), na stronie 24 jest Bagheri i in. (2020) natomiast w bibliografii jest ta sama pozycja z innym rokiem wydania (2021), na stronie 30 jest Borowik i in. (2016) natomiast w bibliografii jest Borowik i Wyszowska (2016). W podrozdziale 5.3 na stronie 13 jest Boss and Fredeen (1999) oraz w podrozdziale 5.5 na stronie 14 jest Trouvelot (1986) natomiast w bibliografii nie uwzględniono tych pozycji.

Prosiłbym o krótki komentarz do tych uwag.

Powyższe uwagi, mają głównie charakter dyskusyjny i redakcyjny. Nie wpływają one negatywnie na ocenę całości rozprawy mgr inż. Mateusza Frąca.

4. Wniosek końcowy

Przedstawiona rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego dotyczącego wykorzystania biowęgla i pożytecznych mikroorganizmów w uprawie brzoskwini. Autor wykazał umiejętność samodzielnego planowania i prowadzenia doświadczeń polowych, zastosowania właściwych metod badawczych, opracowania wyników oraz ich interpretacji w świetle aktualnej literatury naukowej.

Rozprawa posiada wartość poznawczą i aplikacyjną. Uzyskane wyniki mogą znaleźć zastosowanie w praktyce sadowniczej oraz stanowić podstawę do dalszych badań nad biologicznymi metodami poprawy żyzności gleb.

Stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Mateusza Frąca pt. „Wykorzystanie biowęgla i pożytecznych mikroorganizmów w uprawie brzoskwini” spełnia wymagania określone w art.

187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce w zakresie rozpraw doktorskich.

W związku z powyższym wnoszę o dopuszczenie mgr. inż. Mateusza Frąca do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia naukowego doktora w dziedzinie nauk rolniczych, w dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo.

Warszawa, 15.07.2026 r.

Dr hab. Dariusz Wrona, prof. SGGW

