

prof. dr hab. inż. Mirosław Wyszowski

Olsztyn, 16.02.2026 r.

Recenzja
rozprawy doktorskiej mgr. inż. Łukasza Ruska
pt. "Badania nad technologią wytwarzania nawozów otoczkowanych
o spowolnionym działaniu oraz ich wpływ na plonowanie i parametry jakościowe
roślin"

Recenzję pracy doktorskiej mgr. inż. Łukasza Ruska opracowano na podstawie pisma Przewodniczącej Rady Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie dr hab. Sylwii Andruszczak, prof. uczelni z dnia 12.12.2025 r., zgodnie z decyzją Rady podjętą na posiedzeniu w dniu 10.12.2025 r.

Przedłożona do oceny rozprawa doktorska mgr. inż. Łukasza Ruska została wykonana w Katedrze Chemii Rolnej i Środowiskowej Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie pod kierunkiem dr hab. Marzeny S. Brodowskiej, prof. uczelni.

Ocena problematyki badawczej rozprawy

Powszechna potrzeba zwiększenia efektywności wykorzystania składników pokarmowych przez rośliny oraz ograniczenia strat biogennych do środowiska stanowi podstawę rosnącego zainteresowania technologiami wytwarzania nawozów o kontrolowanym lub spowolnionym działaniu. Nawozy otoczkowane, dzięki obecności fizycznej bariery polimerowej, mineralnej lub organicznej, umożliwiają stopniowe uwalnianie składników pokarmowych w tempie dopasowanym do dynamiki pobierania ich przez rośliny. Takie rozwiązania mogą znacząco ograniczać straty azotu na drodze wymywania i ulatniania, a także stabilizować dostępność fosforu i potasu w strefie korzeniowej, co poprawia efektywność nawożenia w porównaniu z nawozami tradycyjnymi. Ponadto technologia otoczkowania pozwala na projektowanie nawozów o właściwościach funkcjonalnych, o różnym czasie uwalniania, odporności na czynniki środowiskowe czy kompatybilności mieszanin, co stwarza możliwość precyzyjnego dostosowania ich działania do wymagań gatunków roślin oraz warunków siedliskowych.

Pomimo rosnącej liczby analiz dotyczących oddziaływania nawozów otoczkowanych na środowisko i pobieranie składników pokarmowych, wciąż istnieje potrzeba pogłębionych badań nad ich realnym wpływem na plonowanie i cechy jakościowe płodów rolnych, zwłaszcza w odniesieniu do różnych technologii otoczkowania. Wyniki dotychczasowych prac są bowiem zróżnicowane i wskazują, że efektywność nawozów o spowolnionym działaniu zależy zarówno od typu otoczki, warunków glebowych i klimatycznych, jak i specyfiki danego gatunku rośliny uprawnej. W kontekście współczesnego rolnictwa, ukierunkowanego na ograniczenie presji środowiskowej oraz zwiększenie stabilności produkcji, niezbędne jest precyzyjne określenie, w jakim stopniu nawozy otoczkowane mogą poprawiać ilościowe i jakościowe efekty uprawy. Uzasadnia to potrzebę prowadzenia badań obejmujących nie tylko parametry plonowania, lecz także zmiany w składzie chemicznym roślin, właściwościach fizjologicznych oraz efektywności wykorzystania składników pokarmowych.

Zakres zagadnień podjętych w niniejszej rozprawie doktorskiej jest w pełni uzasadniony merytorycznie i wpisuje się w aktualne kierunki badań nad efektywnością nawożenia roślin. Problem ten ma istotne znaczenie zarówno dla rozwoju wiedzy o mechanizmach działania nowoczesnych technologii nawozowych, jak i dla praktyki rolniczej. Przeprowadzone badania cechują się wysoką wartością poznawczą oraz aplikacyjną, dostarczając danych istotnych dla doskonalenia metod produkcji roślinnej.

Ocena formalna pracy

Mgr inż. Łukasz Rusek przedstawił jako rozprawę doktorską, zgodnie z art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie i nauce (Dz.U. z 2024 r. poz. 1571 z późniejszymi zmianami), zestaw trzech opublikowanych, tematycznie powiązanych oryginalnych artykułów naukowych, poprzedzony 111-stronicowym opracowaniem pełniącym funkcję uzupełniającą, zawierającym także wyniki badań jeszcze nieopublikowanych. Dokument ten stanowi syntetyczne ujęcie najważniejszych wyników badań zaprezentowanych w następujących publikacjach:

1. **Rusek Ł.**, Brodowska M.S., Schab S., Rusek P. 2024. *Technologia produkcji mineralnych nawozów o kontrolowanym uwalnianiu (CRF) z wykorzystaniem materiałów biodegradowalnych w procesie powlekania*. Przemysł Chemiczny, 103, 282–285. DOI: 10.15199/62.2024.2.10 (70 pkt, IF 0,4).
2. **Rusek Ł.**, Rusek P., Zdeb Z., Schab S., Borowik K., Brodowska M.S. 2025.

Technologia wytwarzania nawozów granulowanych wzbogaconych mikrobiologicznie metodą otoczkowania wraz z określeniem parametrów procesowych. Przemysł Chemiczny, 104, 91–104. DOI: 10.15199/62.2025.1.5 (70 pkt, IF 0,4),

3. **Rusek Ł.**, Brodowska M.S., Bogusz P., Rusek P. 2025. *Assessment of the impact of biodegradable coated fertilizers on corn yield.* Agriculture, 15, 2191. DOI: 10.3390/agriculture15212191 (100 pkt, IF 3,6).

Rozprawa doktorska mgr. inż. Łukasza Ruska obejmuje następujące części: streszczenia w języku polskim i angielskim (4 strony), wprowadzenie (17 stron), hipotezę i cel badań (1 strona), materiały i metody (7 stron), wyniki badań zaprezentowane w trzech opublikowanych artykułach (7 stron), wyniki niepublikowane wraz z dyskusją (49 stron), odrębną dyskusję tych wyników (6 stron), podsumowanie i wnioski (6 stron) oraz bibliografię (9 stron). Całość uzupełniają załączniki w postaci opublikowanych prac stanowiących element rozprawy (33 strony), a także oświadczenia promotora i współautorów dotyczące udziału w publikacjach.

Rozdział „Wyniki badań” obejmuje trzy podrozdziały pierwszego rzędu. W rozdziale dotyczącym wyników niepublikowanych wyodrębniono trzy podrozdziały pierwszego rzędu, z których każdy zawiera odpowiednio pięć, cztery i dziewięć podrozdziałów drugiego rzędu, co sprzyja przejrzystości układu pracy. Materiał empiryczny w tej części zaprezentowano w 20 starannie przygotowanych tabelach, co ułatwia śledzenie omawianych zależności i wyciągnięcie wniosków.

Zestaw publikacji stanowiących podstawę rozprawy obejmuje trzy oryginalne prace twórcze opublikowane w latach 2024–2025 w czasopismach indeksowanych w bazie *Journal Citation Reports*. Łączny Impact Factor, wyliczony zgodnie z rokiem publikacji, wynosi 4,40, natomiast suma punktów przyznanych przez MNiSW – 240, co potwierdza wysoki poziom naukowy przedstawionych osiągnięć. Wszystkie artykuły mają charakter współautorski, przy czym Doktorant figuruje jako autor wiodący, co wskazuje na jego zasadniczy wkład merytoryczny oraz świadczy o zaawansowanej samodzielności badawczej. Warto podkreślić, że wyniki badań zostały opublikowane w uznanych czasopismach naukowych, takich jak *Przemysł Chemiczny* oraz *Agriculture*. Należy jednak odnotować rozbieżność dotyczącą deklarowanego udziału współautorów w trzeciej publikacji, wynikającą z niezgodności pomiędzy treścią artykułu a załączonymi oświadczeniami.

Rozprawa doktorska wykazuje wysoki stopień powiązania z aktualnym stanem wiedzy poprzez liczne odwołania do piśmiennictwa związanego z technologią wytwarzania nawozów o spowolnionym działaniu oraz oceną ich wpływu na plonowanie, cechy jakościowe roślin i wybrane właściwości gleby. Układ treści jest logiczny i proporcjonalny, a całość spełnia obowiązujące wymogi formalne stawiane rozprawom doktorskim.

Ocena merytoryczna pracy

Tytuł ocenianej rozprawy oddaje jej zakres merytoryczny. Rozdział „Wprowadzenie” stanowi syntetyczne wprowadzenie do problematyki badawczej, koncentrując się na zagadnieniach istotnych z perspektywy realizowanych celów naukowych. W tej części rozprawy przedstawiono aktualny stan wiedzy dotyczący znaczenia nawozów otoczkowanych o spowolnionym działaniu, mechanizmów kontrolowanego uwalniania składników pokarmowych oraz charakterystyki stosowanych powłok, ze szczególnym uwzględnieniem materiałów biodegradowalnych, takich jak polimery syntetyczne, biopolimery, polisacharydy, lignina i białka. Uzupełnieniem jest omówienie procesów technologicznych towarzyszących ich produkcji oraz wymagań pokarmowych kukurydzy uprawianej na kiszonkę. Analiza literatury została przeprowadzona rzetelnie i stanowi logiczne uzasadnienie dla podjętych badań, obejmujących ocenę działania różnych typów nawozów mineralnych (mocznik, nawozy wieloskładnikowe) – w tym ich wariantów otoczkowanych biodegradowalnymi powłokami opartymi na olejach roślinnych i pyłe węgla brunatnego na właściwości gleby, plonowanie i skład chemiczny kukurydzy. Doktorant wykazał bardzo dobrą orientację w literaturze przedmiotu oraz umiejętność klarownego przedstawienia złożonych zagadnień.

Hipoteza badawcza oraz cel pracy zostały poprawnie określone. Badania miały na celu kompleksowe opracowanie i wdrożenie technologii biodegradowalnych otoczek dla nawozów typu N i NPK. Obejmowały one zarówno opracowanie procesu syntezy powłok i optymalizację techniki ich nanoszenia na granulki, jak i szczegółową charakterystykę właściwości uzyskanych produktów w warunkach laboratoryjnych oraz polowych. Przeprowadzono również porównanie działania nawozów otoczkowanych i nieotoczkowanych pod kątem ich wpływu na wzrost i rozwój oraz skład chemiczny roślin, a także na środowisko glebowe.

Rozdział „Materiały i metody” zawiera szczegółowy opis założeń eksperymentalnych, obejmujący charakterystykę materiału badawczego, proces opracowania nawozów

otoczkowanych, przebieg trzyletniego doświadczenia polowego, warunki meteorologiczne, zakres analiz oraz metody statystyczne. Badania zostały właściwie zaplanowane i wykonane pod względem metodycznym.

W badaniach zastosowano biodegradowalne powłoki opracowane w Sieci Badawczej Łukasiewicz – Instytucie Nowych Syntezy Chemicznych w Puławach, wykorzystujące nierafinowany olej lniany lub konopny, pył węgla brunatnego o frakcji <500 µm oraz katalizator Brochi Dragon. Nawozy powlekane zawierały 10% mas. warstwy ochronnej. W doświadczeniach porównano dwa typy nawozów mineralnych – mocznik oraz mieszaninę nawozów jednoskładnikowych odtworzoną zgodnie z jej składem – stosowanych zarówno w formie niepowlekanej, jak i w wariantach otoczkowanych. Nawozy stosowano w dawce pełnej wynoszącej 180 kg N·ha⁻¹ i w dawce zredukowanej o 25% - 135 kg N·ha⁻¹. Eksperyment polowy przeprowadzono w Gospodarstwie Doświadczalnym Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, w miejscowości Czesławice.

W rozdziale „Wyniki badań”, przedstawiono technologię produkcji wolno działających nawozów otoczkowanych, w tym wzbogacanych mikrobiologicznie, oraz wpływ badanych nawozów na plonowanie i cechy biometryczne kukurydzy, a w rozdziale „Wyniki nieopublikowanych badań” zaprezentowano szczegółową i wyczerpującą analizę zgromadzonego materiału empirycznego, zilustrowanego przejrzystymi zestawionymi tabelami. Wyniki poddano wnikliwej analizie statystycznej, obejmującej ocenę plonu, cech biometrycznych roślin (wysokość, plon biomasy, liczba kolb na jednej roślinie, liczba rzędów ziaren na kolbie), zawartości makroelementów (N-ogółem, P, K, Mg, S) i mikroelementów (Zn, Mn, Cu, Fe) w roślinach, a także pH i zawartości składników mineralnych (N-ogólny, N-mineralny, P, K, Mg) w glebie. Szczegółowa interpretacja wyników badań umożliwiła jednoznacznie zidentyfikację zależności między czynnikami doświadczenia i znacząco podniosła wartość naukową pracy. Sposób interpretacji wyników świadczy o dojrzałości badawczej Doktoranta i jego merytorycznym przygotowaniu do zgłębiania problemów rozwiązywanych w ocenianej pracy.

Dyskusja wyników została oparta na obszernym zestawieniu literatury źródłowej, z dominującym udziałem publikacji anglojęzycznych. Doktorant rzetelnie zestawiał wyniki własne z danymi raportowanymi w piśmiennictwie, koncentrując się na ocenie efektywności nawozów otoczkowanych oraz ich przydatności w praktyce rolniczej. Rozprawę zamykają podsumowanie i wnioski, które odnoszą się do postawionych hipotez i stanowią istotny wkład poznawczy w

rozwój badań nad technologiami nawożenia. Bibliografia została zestawiona starannie i obejmuje pozycje cytowane w poszczególnych rozdziałach pracy doktorskiej.

Najważniejsze osiągnięcia Autora rozprawy doktorskiej obejmują przede wszystkim przedstawienie i ocenę technologii produkcji nawozów otoczkowanych, ze szczególnym uwzględnieniem powłok biodegradowalnych, których znaczenie w rolnictwie zrównoważonym systematycznie rośnie. Autor trafnie wskazał kierunki rozwoju technologii, w tym powłoki wielowarstwowe i integrację z systemami rolnictwa precyzyjnego.

Wysoko należy ocenić opracowanie powłok olejowych opartych na oleju lnianym, które charakteryzowały się korzystnymi właściwościami technologicznymi, w tym stabilnością oraz ochroną mikroorganizmów przed zasoleniem. Wyniki dotyczące plonowania kukurydzy jednoznacznie potwierdziły efektywność nawozów powlekanych, zwłaszcza nawozów NPK, które przewyższały mocznik pod względem działania plonotwórczego, niezależnie od rodzaju otoczki.

Wartościowym elementem pracy jest analiza akumulacji składników mineralnych w kukurydzy, w której Autor wykazał zróżnicowane reakcje roślin na nawożenie oraz dominujący wpływ warunków środowiskowych na zawartość makro- i mikroelementów. Badania właściwości gleby potwierdziły, że nawożenie najsilniej oddziaływało na mineralne formy azotu, podczas gdy inne składniki wykazywały większą stabilność.

Przedstawione wyniki mają istotne znaczenie aplikacyjne, wskazując praktyczne możliwości optymalizacji nawożenia kukurydzy oraz innych gatunków, zgodnie z zasadami rolnictwa zrównoważonego. Całość ustaleń Autora stanowi cenny wkład w rozwój technologii nawożenia i zasługuje na wysoką ocenę naukową.

Do uwag, w większości o charakterze dyskusyjnym, które nasuwają się po analizie rozprawy doktorskiej i mogą okazać się przydatne przy przygotowaniu kolejnych publikacji, zaliczyć można:

- na stronie 23 przytoczono źródło z 2004 roku dotyczące ekonomiki nawożenia azotem; warto rozważyć zasadność wykorzystania tak odległego czasowo odniesienia, szczególnie w kontekście dynamicznych zmian cen nawozów;
- konieczne jest ujednolicenie zapisu jednostek, np. „kg N·ha⁻¹”; przy prezentacji składu chemicznego gleby korzystniejsze byłoby stosowanie jednostek mg·kg⁻¹ dla P, K i Mg, analogicznie jak w przypadku pozostałych analiz;
- należy rozważyć, czy uzasadnione jest omawianie zmian o bardzo małej amplitudzie, np.

różnic w zawartości azotu ogółem w kukurydzy rzędu 11,5 vs. 11,6 g·kg⁻¹;

- na stronie 42 podano wartości średnie, odchylenie standardowe oraz współczynnik zmienności zawartości azotu w roślinach, jednak odpowiadające im dane nie zostały zamieszczone w tabeli 3; podobne niedociągnięcia zdarzają się w innych podpodrozdziałach;
- rekomendowane jest ograniczenie liczby wniosków końcowych do maksymalnie kilkunastu, wyłącznie na podstawie wyników uzyskanych w ramach rozprawy doktorskiej (zarówno opublikowanych, jak i nieopublikowanych); warto sformułować jednoznaczny wniosek wskazujący, która z zastosowanych mieszanek nawozowych okazała się najskuteczniejsza w uprawie kukurydzy;
- w wykazie literatury niezbędne jest uzupełnienie brakujących danych bibliograficznych, takich jak numery czasopism, zakresy stron czy niekompletne nazwiska autorów.

Przedstawione powyżej uwagi mają w większości charakter doprecyzowujący i redakcyjny, a część z nich stanowi element dyskusji merytorycznej; nie wpływają one jednak na ogólną, wysoką ocenę rozprawy doktorskiej. Praca mgr. inż. Łukasza Ruska posiada zarówno walory poznawcze, jak i praktyczne. Doktorant wykazał bardzo dobrą znajomość metodologii prowadzenia doświadczeń wegetacyjnych, analityki laboratoryjnej oraz umiejętność rzetelnej interpretacji wyników, co znalazło odzwierciedlenie w przygotowanej rozprawie. Zgromadzony materiał badawczy wnosi istotne nowe elementy do wiedzy z zakresu nawożenia roślin i może mieć realne zastosowanie w praktyce rolniczej. Szczególnie wartościowe jest wykazanie, że nawozy otoczkowane mogą wspierać realizację celów rolnictwa zrównoważonego. Doktorant zrealizował wszystkie założone cele badawcze, a rozprawa, o logicznym, przejrzystym układzie, została przygotowana z dużą dbałością o szczegóły. Na uwagę zasługuje również bardzo dobrze dobrana, obszerna literatura przedmiotu, świadcząca o znakomitej orientacji Autora w aktualnym stanie wiedzy.

Wniosek końcowy

Na podstawie analizy formalnej, metodycznej i merytorycznej rozprawy doktorskiej mgr. inż. Łukasza Ruska pt. *„Badania nad technologią wytwarzania nawozów otoczkowanych o spowolnionym działaniu oraz ich wpływ na plonowanie i parametry jakościowe roślin”*, stwierdzam, że przedstawione opracowanie stanowi oryginalny wkład w rozwój badań naukowych i zawiera wyniki o charakterze nowatorskim. Praca spełnia

wymagania określone w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2024 r. poz. 1571 z późn. zm.), stawiane kandydatom ubiegającym się o stopień doktora. Doktorant wykazał się solidnym przygotowaniem teoretycznym w zakresie dyscypliny rolnictwo i ogrodnictwo oraz bardzo dobrą znajomością metod badań polowych i laboratoryjnych. Wnioskuje zatem do Rady Dyscypliny Rolnictwo i Ogródnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie o dopuszczenie mgr. inż. Łukasza Ruska do kolejnych etapów przewodu doktorskiego.

Mirosław Wyszowski

prof. dr hab. inż. Mirosław Wyszowski