

Prof. dr hab. inż. Tomasz Oniszcuk
Uniwersytet Przyrodniczy W Lublinie
Katedra Inżynierii Procesowej
ul. Głęboka 31, 20-612 Lublin,
tel. 81 445 61 27

Lublin, 12.01.2026 r.

RECENZJA

**rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Oskara Basary w dziedzinie nauk rolniczych,
dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo, zatytułowanej
„Fumigacja gazowym ozonem roślin jagody kamczackiej oraz haskapu japońskiego jako
alternatywna metoda ochrony roślin przed chorobami grzybowymi oraz poprawy
jakości owoców i wydłużenia czasu ich przechowywania”**

Promotor: prof. dr hab. inż. Józef Gorzelany

Promotor pomocniczy: dr hab. inż. Natalia Matlok, prof. UR

Charakterystyka ogólna i struktura pracy

Rozprawa doktorska mgr inż. Oskara Basary stanowi spójny, dobrze zaprojektowany cykl czterech publikacji, w którym konsekwentnie zrealizowano jasno zdefiniowany cel - ocenę skuteczności fumigacji gazowym ozonem jako alternatywnej metody ochrony roślin *Lonicera caerulea* L. oraz sposobu kształtowania jakości biologicznej i przechowalniczej ich owoców,

uzupełnioną o badania nad mikrorozmnażaniem haskapu japońskiego. Rozprawa ma wymiar zarówno poznawczy, jak i aplikacyjny, dobrze wpisujący się w założenia Zielonego Ładu.

Dysertacja została przygotowana w formie cyklu powiązanych tematycznie artykułów, poprzedzonych rozbudowanym wstępem, przeglądem stanu wiedzy, jasno sformułowanymi celem, zadaniami i hipotezami badawczymi, zakończonych syntetycznym podsumowaniem. Część przeglądowa jest obszerna i aktualna, dobrze przedstawia znaczenie gospodarcze *L. caerulea* oraz kontekst regulacyjny (ograniczenie środków ochrony roślin), jak również potencjał prozdrowotny owoców i ich wrażliwość mechaniczno-przechowalniczą.

Cykl czterech publikacji stanowiących podstawę rozprawy doktorskiej dobrze odzwierciedla strukturę celu (1. fizjologia roślin - 2. właściwości biologiczne owoców - 3. właściwości mechaniczne i modelowanie - 4. mikrorozmnażanie *in vitro*). W skład rozprawy wchodzi publikacje wieloautorskie, w których Doktorant pełni funkcję pierwszego współautora. Udział merytoryczny mgr. inż. Oskara Basary w przygotowaniu poszczególnych publikacji należy ocenić jako dominujący (wynosi odpowiednio 80% w przypadku dwóch pierwszych prac oraz 65% i 60% dla trzeciej i czwartej publikacji). Sumaryczny dorobek naukowy obejmujący 380 pkt MNiSW i współczynnik wpływu IF = 10,938 dla publikacji wchodzących w skład rozprawy oraz 1340 pkt MNiSW i łączny IF = 30,00 dla całokształtu dorobku, świadczy o wysokiej aktywności oraz dojrzałości naukowej Doktoranta.

Reasumując: oceniana dysertacja w pełni spełnia formalne wymagania stawiane pracom doktorskim.

Ocena merytoryczna

Pierwszy artykuł wchodzący w skład pracy doktorskiej („Impact of ozone exposure on chlorophyll fluorescence, pigment content and leaf gas exchange on *Lonicera caerulea* var. *kamtschatica* and *Lonicera caerulea* var. *emphyllocalyx*”, Sustainability, 2025) dotyczy kluczowego, wyjściowego etapu badań - oceny wpływu fumigacji gazowym ozonem (5 ppm przez 1, 3 i 5 min) na kondycję fizjologiczną roślin, ocenianą na podstawie fluorescencji chlorofilu (OJIP, Fv/Fm, Mo, PItotal), zawartości barwników (ChlM, FlvM, AnthM, NFI) oraz wskaźników wymiany gazowej (E, Ci, Gs). Zastosowano trzyletnie doświadczenie wazonowe w dobrze zaprojektowanym układzie losowym z dziesięcioma powtórzeniami, obejmujące rośliny wybranych odmian i klony *Lonicera caerulea* var. *kamtschatica* oraz *Lonicera caerulea* var. *emphyllocalyx* w trakcie uprawy. Najważniejsze wyniki wskazują, że zastosowane dawki ozonu nie wywołały efektu fitotoksycznego, a większość parametrów fluorescencji i wymiany gazowej pozostawała w zakresie wartości optymalnych, przy istotnym wpływie jedynie

najwyższej dawki na PItotal oraz E w wybranych genotypach i latach badań. Szczególnie cenne jest wskazanie „bezpiecznego okna” parametrów - 5 ppm przez 1-3 min, które minimalizuje ryzyko stresu oksydacyjnego przy zachowaniu korzystnego profilu fizjologicznego roślin. Do mocnych stron tej części badań należą: poprawny dobór wskaźników fizjologicznych i sposób ich interpretacji oraz praktyczne odniesienie wyników do możliwości stosowania ozonu w integrowanej ochronie sadowniczej. Autor słusznie podkreślił, że większość badanych parametrów pozostaje w zakresie optymalnym, a efekt ozonu ujawnia się dopiero dla 5 ppm/5 min u wybranych genotypów (stąd wniosek o braku wyraźnego działania fitotoksycznego w badanym zakresie). Deklarowany trzyletni okres badań pozwala uwzględnić zmienność sezonową. Zastanawiające jest natomiast dlaczego rezultaty badań wstępnych z 2021 r., na których oparto dobór dawek, zostały opisane, bez choćby krótkiej tabeli z parametrami, a w publikacji H1 zawarto wyniki tylko z dwóch lat eksperymentu (2022 i 2023)? Ponadto Autor mógłby pokusić się o kilka słów dotyczących potencjalnie kumulatywnego wpływu wielokrotnych zabiegów w dłuższej perspektywie lat oraz do możliwych subtelnych zmian na poziomie molekularnym. Szerzej skomentowany mógłby być także wazonowy charakter doświadczenia, różniący się od warunków polowych pod względem skali i mikroklimatu - wskazane byłoby w przyszłości rozszerzenie badań na plantacje towarowe.

Publikacja druga - „Assessment of Selected Chemical and Morphological Properties of *Lonicera* var. *kamtschatica* and *Lonicera* var. *emphyllocalyx* Treated with Gaseous Ozone” (Molecules, 2024) koncentruje się na wpływie fumigacji gazowym ozonem (5 ppm, 1, 3 i 5 min) na wartość biologiczną (zawartość związków fenolowych, witaminy C oraz całkowity potencjał antyoksydacyjny) oraz właściwości morfologiczne i prozdrowotne owoców wybranych klonów i odmian *Lonicera caerulea* L. Artykuł stanowi naturalne dopełnienie pracy 1 - przejście od parametrów fizjologicznych roślin do jakości biologicznej owoców, bezpośrednio testując hipotezę H2. Uzyskane wyniki wskazują na istotne różnice w zawartości związków bioaktywnych zarówno pomiędzy podgatunkami i genotypami, jak i sezonami wegetacyjnymi, przy czym zastosowane dawki ozonu istotnie modyfikowały poziom polifenoli i aktywność przeciwutleniającą. Najkorzystniejsze efekty odnotowano dla wariantu 5 ppm/3 min (wzrost TPC o ok. 11,5% względem kontroli) oraz 5 ppm/5 min (wzrost FRAP i ABTS o 6,7% i 6,1%). Na podkreślenie zasługuje wyraźne wykazanie przewagi genotypów *L. caerulea* var. *emphyllocalyx* pod względem masy, barwy i potencjału antyoksydacyjnego owoców,

a także uwzględnienie zmienności międzysezonowej jako istotnego czynnika współkształtującego efekty ozonowania.

Lektura publikacji H2 rodzi szereg pytań natury metodologicznej. W szczególności brak jest wyjaśnienia dla doboru stężenia 5 ppm oraz czasów ekspozycji wynoszących 1, 3 i 5 minut (w publikacji H1 było to wynikiem badań wstępnych z 2021 roku, jak rozumiem). Również odstęp czasowy między procesem ozonowania a wykonaniem oznaczeń wydaje się przyjęty w sposób arbitralny, brakuje próby analizy dynamiki zmian badanych parametrów w funkcji czasu (np. 0-24-72 h).

Podczas badań zastosowano ozonowanie całych roślin z owocami; jest to nietypowe podejście z punktu widzenia technologii przemysłowej, gdzie ozonuje się zazwyczaj same owoce w komorach, wodzie lub strumieniu gazu. Brakuje dyskusji, na ile wyniki są transferowalne do warunków przemysłowych, i czy taka ekspozycja roślin w trakcie wegetacji byłaby w ogóle stosowana w praktyce.

Moje największe zastrzeżenia budzi fakt ograniczenie eksperymentu do oznaczenia całkowitej zawartości polifenoli (TPC metodą Folin–Ciocalteu). Brak jakiejkolwiek charakterystyki profilu fenolowego, lub chociażby ilościowej analizy chromatograficznej głównych związków fenolowych (nie mówiąc o pełnej metabolomice) jest istotnym ograniczeniem, zwłaszcza że we wstępie autorzy rozpisują się o dominującej roli antocyjanów i irydoidów, a w dyskusji cytują prace LC-MS/MS innych autorów. Ponadto w tej części badań brakuje analizy sensorycznej lub choćby instrumentalnych wskaźników smaku/zapachu (BRIX, stosunek BRIX/kwasowość, profil lotnych związków), a „poprawę wartości prozdrowotnej” i „potencjalne wykorzystanie w przetwórstwie” opiera się wyłącznie na TPC i właściwościach antyoksydacyjnych. W praktyce „większa kwasowość” *L. emphyllocalyx* może oznaczać gorszą akceptację konsumencką, czego autorzy nie dyskutują.

Publikacja pt. „Investigating the „Effect of Ozonation on the Mechanical Parameters of *Lonicera caerulea* L. Fruits Using Machine Learning” (Agricultural Engineering, 2025), trzecia w cyklu, dotyczy wpływu fumigacji roślin gazowym ozonem na wybrane właściwości morfologiczne i mechaniczne owoców (odporność na przebicie skórki i miąższu) oraz wykorzystania algorytmów uczenia maszynowego do modelowania deformacji i energii do momentu przebicia. Jest to praca o wyraźnym profilu inżynieryjno-logistycznym, bezpośrednio odnosząca się do hipotezy H3 i problemu trwałości pozbiorczej w łańcuchu dostaw.

Badania wykazały, że owoce genotypów *Lonicera caerulea* var. *emphyllocalyx* charakteryzują się istotnie większą odpornością mechaniczną niż odmiany *Lonicera caerulea*

var. *kamtschatica*, co sprzyja ich wykorzystaniu w zbiorze mechanicznym, transporcie i przechowywaniu. Zastosowane dawki ozonu modyfikowały wybrane parametry mechaniczne, przy czym najlepszą odporność na uszkodzenia obserwowano dla wariantu 5 ppm/3 min, co dobrze koresponduje z wynikami dotyczącymi jakości biologicznej z publikacji 2.

Za nowatorskie i wartościowe można z pewnością uznać wprowadzenie jednoosiowego testu przebiccia jako praktycznego, „logistycznego” wskaźnika trwałości owoców w łańcuchu dostaw oraz integrację danych mechanicznych z algorytmami uczenia maszynowego, co pozwoliło uzyskać modele o wysokiej dokładności predykcyjnej, przydatne do projektowania procesów przechowywania i transportu. Przeprowadzony eksperyment wykazał, że ozonowanie może być użyte nie tylko jako narzędzie ochrony roślin i poprawy wartości biologicznej, ale również jako element technologii poprawiającej właściwości mechaniczne i trwałość pozbiorczą owoców, co ma duże znaczenie praktyczne dla producentów i przetwórców.

W kolejnych publikacjach można postulować dalsze rozwinięcie tego kierunku poprzez rozszerzenie zestawu czynników wejściowych modeli (np. o parametry mikroklimatu przechowalni, zmienność w obrębie partii surowca) oraz walidację modeli na niezależnych zbiorach danych z innych sezonów lub plantacji.

Czwarta w cyklu publikacji („Assessment of Micropropagation Possibilities for Japanese Hascap (*Lonicera caerulea* var. *emphyllocalyx* L.)”, Applied Sciences, 2024) wyraźnie różni się zakresem od trzech poprzednich, lecz pozostaje z nimi spójna tematycznie - dotyczy bowiem produkcji zdrowego materiału nasadzeniowego haskapu japońskiego metodą mikrorozmnażania *in vitro*, co ma kluczowe znaczenie dla rozwoju nowoczesnych plantacji gatunku, którego owoce są przedmiotem badań w pozostałych pracach. Autor skupił się na dwóch nowych klonach hodowlanych - ‘21–17’ (J21) i ‘139–24’ (J13), analizując wpływ typu eksplantatu (fragment międzywęzłowy - NF vs wierzchołek pędu - ST), regulatorów wzrostu BA (6-benzyladenina) i mT (meta-topolina) oraz przechowywania w niskiej temperaturze (4°C) na wzrost i rozwój materiału nasadzeniowego oraz jego przeżywalność w aklimatyzacji. Stwierdzono, że najbardziej efektywny protokół mikrorozmnażania haskapu japońskiego opiera się na eksplantatach typu NF oraz cytokinie BA. Opracowana procedura ma potencjał zastosowania w przyszłości do propagacji nowych klonów użytkowych, nadających się do komercyjnej uprawy i mechanicznego zbioru. Prowadzone badania reprezentują istotny postęp na drodze do komercjalizacji mikrorozmnażania tej wartościowej odmiany jagody kamczackiej. Mocne strony publikacji stanowi praktyczny charakter wyników, bezpośrednio

przydatnych dla szkółkarstwa i produkcji kwalifikowanego materiału nasadzeniowego a także dobre powiązanie uzyskanych protokołów *in vitro* z kontekstem rosnącego zapotrzebowania na sadzonki haskapu japońskiego w Polsce.

Jako sugestię rozwojową można wskazać rozszerzenie badań o analizy stabilności genetycznej roślin otrzymanych *in vitro* (np. markery molekularne) oraz porównanie ich cech plonotwórczych i jakości owoców z roślinami rozmnażanymi tradycyjnie. W dysertacji nie przeanalizowano także ekonomicznych i organizacyjnych implikacji wdrożenia tego protokołu do masowej produkcji, co byłoby istotne w świetle aplikacyjnego charakteru badań, jednakże i w obecnej formie praca realizuje hipotezę H4 i domyka „cykl produkcyjny” - od materiału nasadzeniowego, przez ochronę i jakość owoców, po trwałość pozbiorną.

Ocena końcowa i wniosek

Cykl czterech publikacji włączonych do dysertacji tworzy logicznie zaplanowaną, interdyscyplinarną całość, która łączy zagadnienia z zakresu rolnictwa i technologii żywności, ale także fizjologii roślin oraz biotechnologii. Wyniki badań poszerzają wiedzę o wpływie gazowego ozonu na rośliny i owoce *Lonicera caerulea* L., wskazując jednocześnie konkretne, aplikacyjne zakresy parametrów procesu, bezpieczne dla roślin i korzystne dla jakości oraz trwałości owoców. Szczególnie wartościowe jest połączenie klasycznych metod oceny jakości z narzędziami uczenia maszynowego oraz wdrożeniowym podejściem do produkcji materiału nasadzeniowego, co wpisuje rozprawę w nurt nowoczesnego, zrównoważonego sadownictwa.

Wysoko oceniam zakres i znaczenie badań prowadzonych przez Doktoranta, ze względu na ich charakter nie tylko poznawczy, ale też aplikacyjny. Lektura dysertacji uprawnia mnie do stwierdzenia, że Pan mgr inż. wykazał dobre zrozumienie zagadnień teoretycznych z zakresu tematu oraz opanowała szeregu nowatorskich technik niezbędnych w pracy doświadczalnej. Przedstawione, w spójnym tematycznie cyklu, wyniki oraz obszerna i zrozumiała, ale i krytyczna dyskusja, potwierdzają dojrzałość badawczą Doktoranta, jak i dociekliwość oraz umiejętność stawiania i rozwiązywania pytań/problemów natury naukowej.

Reasumując, przedłożona do oceny rozprawa doktorska Pana mgr inż. Oskara Basary zatytułowana „Fumigacja gazowym ozonem roślin jagody kameczackiej oraz haskapu japońskiego jako alternatywna metoda ochrony roślin przed chorobami grzybowymi oraz poprawy jakości owoców i wydłużenia czasu ich przechowywania doskonale spełnia wymagania ustawowe stawiane pracom doktorskim w świetle ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce”. W związku z tym mam

zaszczyt przedstawić Radzie Dyscyplin Rolnictwo i Ogrodnictwo oraz Technologia Żywności i Żywienia Uniwersytetu Rzeszowskiego wniosek o dopuszczenie Doktoranta do dalszych etapów przewodu doktorskiego.