

WYDZIAŁ BIOLOGII UNIwersYTETU GDAŃSKIEGO

Katedra Biologii Eksperymentalnej i Biotechnologii Roślin

dr hab. Anna Aksmann, prof UG

RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pana mgr. Sebastiana Burchardta

pt. „Ocena przydatności kwasu poli- γ -glutaminowego (γ -PGA) w łagodzeniu skutków suszy glebowej w korzeniach łubinu żółtego (*Lupinus luteus* L.)”

Promotor: Pani dr hab. Emilia Wilmowicz, prof. UMK

Promotor pomocniczy: Pani dr Agata Kućko

Niniejsza recenzja sporządzona została w związku z powołaniem mnie przez Radę Dyscypliny Nauki Biologiczne Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu, 17.04.2026 roku, na recenzenta w postępowaniu o nadanie stopnia doktora Panu mgr. Sebastianowi Burchardtowi. Doktorant przedstawił pracę pt. „Ocena przydatności kwasu poli- γ -glutaminowego (γ -PGA) w łagodzeniu skutków suszy glebowej w korzeniach łubinu żółtego (*Lupinus luteus* L.)” w formie monografii.

Ogólna charakterystyka rozprawy doktorskiej

Rozprawa doktorska Pana mgr. Sebastiana Burchardta pt. „Ocena przydatności kwasu poli- γ -glutaminowego (γ -PGA) w łagodzeniu skutków suszy glebowej w korzeniach łubinu żółtego (*Lupinus luteus* L.)” wykonana została pod opieką promotorską Pani dr hab. Emilii Wilmowicz, prof. UMK. Promotorem pomocniczym jest Pani dr Agata Kućko. Rozprawa ma formę monografii, składającej się ze streszczenia (po polsku i po angielsku), wstępu, wyjaśnienia celu pracy, części metodycznej, opisu wyników, dyskusji i wniosków oraz spisu literatury. W monografii podano także wykaz stosowanych skrótów, wykaz nazw gatunkowych użytych w pracy oraz źródła finansowania prowadzonych badań. Tekst opatrzony został też spisem treści. Rozprawa zawiera 3 zdjęcia, 7 schematów, 12 tabel i 22 ryciny. Całość rozprawy zajmuje 156 stron maszynopisu.

Rozprawa jest napisana zwięzłym, klarownym językiem charakterystycznym dla prac naukowych, z zachowaniem nomenklatury właściwej dla tematyki badań opisanych przez Doktoranta. Wstęp stanowi obszerne i szczegółowe wprowadzenie w tematykę rozprawy doktorskiej, a zamieszczone tu schematy bardzo dobrze uzupełniają treść rozdziału. Część ta kończy się wyjaśnieniem celów rozprawy doktorskiej oraz przedstawieniem jej podstawowych założeń, sformułowanych jasno i precyzyjnie. Część metodyczna pracy zawiera szczegółowy opis materiału

biologicznego wykorzystywanego w badaniach, stosowanych procedur, metod i technik badawczych. Zawarte w tym rozdziale informacje są kompletne i wystarczające, aby ocenić poprawność metodyczną prowadzonych eksperymentów i trafność doboru metod badawczych do zakładanych celów oraz poprawność interpretacji wyników. W części zawierającej opis wyników udokumentowane są prowadzone przez Doktoranta eksperymenty. Rezultaty badań przedstawione zostały w postaci zdjęć, tabel i danych liczbowych zawartych na wykresach, opatrzonych komentarzami tekstowymi. Wyniki opisane zostały niezwykle skrupulatnie, a jednocześnie w sposób zwięzły i klarowny. Graficzne ich przedstawienie uważam za cenną część tego rozdziału pracy, pozwalającą dogłębnie przeanalizować dokonania Doktoranta.

Następującym po opisie wyników rozdziałem pracy jest dyskusja, podzielona na tematyczne podrozdziały, w których Doktorant analizuje w sposób krytyczny kolejne etapy swoich badań. Dyskusja, zakończona jasno sformułowanymi wnioskami oraz schematem przedstawiającym hipotetyczny model działania γ -PGA w korzeniach łubinu *Lupinus luteus* w warunkach suszy, jest oparta na dobrze dobranej, aktualnej literaturze przedmiotu, której spis stanowi uzupełnienie pracy.

Od strony redakcyjnej praca jest przygotowana bardzo starannie, zdjęcia, schematy, wykresy i tabele są czytelne i dobrze ilustrują uzyskane w pracy wyniki. Tekst jest przejrzysty i skonstruowany zgodnie z zasadami obowiązującymi w pracach naukowych.

Niewątpliwą zaletą rozpatrywanej rozprawy doktorskiej jest wyraźnie widoczna konsekwencja w realizacji kolejnych etapów badań w sposób systematyczny i przemyślany. Badania rozpoczęły się od optymalizacji warunków aplikacji γ -PGA, co stanowiło podstawę planowania dalszych eksperymentów. Kolejnym etapem były analizy histologiczne i ultrastrukturalne tkanek i komórek roślin poddanych działaniu stresu suszy i γ -PGA, dalej nastąpiły badania fizjologiczne, biochemiczne, immunohistochemiczne i molekularne, co pozwoliło konsekwentnie dążyć do wyjaśnienia mechanizmów leżących u podstaw wpływu γ -PGA na podatność *L. luteus* na stres suszy. Według mnie świadczy to o rozwoju Doktoranta jako naukowca zdolnego do **prowadzenia samodzielnej pracy naukowej**. Nie można również nie zwrócić uwagi na wielowątkowość badań i szeroki wachlarz stosowanych technik i metod badawczych, których stosowanie, a przede wszystkim interpretacja uzyskiwanych za ich pomocą wyników, wymaga posiadania **ogólnej wiedzy w dziedzinie nauk biologicznych**. O tym, że Doktorant wiedzę taką posiada, świadczy także wybór aktualnej, dobrze uzasadnionej tematyki badań z zakresu fizjologii stresu oraz bardzo trafny wybór organizmu badanego - rośliny o dużym znaczeniu gospodarczym. Takie badania mają wartość nie tylko poznawczą, ale również aplikacyjną i służącą wypracowaniu metod zrównoważonego rolnictwa, co w dobie rosnącego zapotrzebowania na żywność i postępującej degradacji środowiska naturalnego jest niewątpliwie jednym z priorytetów współczesnej nauki. Z tego względu przeprowadzone przez Pana mgr. Burchardta badania są nie tylko elementem jego osobistego rozwoju naukowego, ale

również stanowią znaczący wkład w rozwój dyscypliny nauki biologiczne i tworzą spójne, **oryginalne rozwiązanie problemu naukowego**.

Uwagi szczegółowe dotyczące rozprawy doktorskiej

Podczas realizacji swojej pracy doktorskiej Pan mgr Sebastian Burchardt postawił sobie za główny cel zbadanie, czy kwas poli- γ -glutaminowy (γ -PGA), jako biodegradowalny biopolimer i potencjalny biostymulant, może łagodzić negatywne skutki suszy glebowej w systemie korzeniowym łubinu żółtego (*Lupinus luteus* L.). Punktem wyjścia do badań była obserwacja, że ten ważny gospodarczo gatunek charakteryzuje się wysoką wrażliwością na deficyt wody, co prowadzi do zaburzeń funkcjonowania systemu korzeniowego oraz ograniczenia symbiozy z bakteriami brodawkowymi i wiązania azotu. Nietrudno wyobrazić sobie, że skutki takich zaburzeń przekładają się na funkcjonowanie całej rośliny i strat w gospodarstwach rolnych uprawiających łubin.

W pracy swojej Doktorant założył, że egzogenna aplikacja γ -PGA zwiększy tolerancję roślin na stres suszy chroniąc procesy fizjologiczne i biochemiczne i pomagając utrzymać homeostazę komórki. Ponadto Pan mgr Burchardt spodziewał się, że γ -PGA podtrzyma prawidłowe funkcjonowanie brodawek korzeniowych. Według Doktoranta skutków działania γ -PGA można oczekiwać na poziomie anatomicznym, cytologicznym, fizjologicznym i molekularnym.

W mojej opinii cel pracy doktorskiej został osiągnięty, co możliwe było dzięki zastosowaniu kompleksowego, wieloaspektowego podejścia badawczego, obejmującego analizy fizjologiczne i biochemiczne, analizy molekularne i proteomiczne, badania histologiczne oraz badania ultrastrukturalne. Uzyskane wyniki pozwoliły wykazać, że γ -PGA częściowo znosi skutki suszy przejawiające się ograniczeniem wzrostu roślin oraz spadkiem wydajności fotosyntezy. Dalej, γ -PGA ułatwiał roślinie utrzymanie równowagi osmotycznej i homeostazy redox niwelując ewentualne skutki nadprodukcji RFT lub wręcz zapobiegając ich nadprodukcji. Pozytywne skutki działania γ -PGA Doktorant obserwował też analizując strukturę brodawek korzeniowych. γ -PGA pozwalał zachować integralność i prawidłową ultrastrukturę komórek oraz wysokie miano bakterii symbiotycznych. Szukając mechanizmów leżących u podłoża takiego działania badanej substancji Doktorant sięgnął po metody biologii molekularnej, dzięki którym mógł wykazać m.in., że γ -PGA moduluje biosyntezę i transport niektórych fitohormonów oraz indukuje syntezę białek związanych z reakcją na stres środowiskowy. Doktorant w swojej rozprawie wykazał zatem, że kwas poli- γ -glutaminowy jest skutecznym czynnikiem zwiększającym tolerancję łubinu żółtego na stres suszy poprzez kompleksowe oddziaływanie na strukturę komórek i procesy życiowe rozpatrywane na poziomie fizjologii, biochemii, i procesów molekularnych, co ma istotne znaczenie zarówno poznawcze, jak i praktyczne.

Podsumowując, przedstawiona rozprawa w sposób konsekwentny i przekonujący opisuje kolejne etapy badań, które doprowadziły do osiągnięcia założonego celu badawczego. Na szczególne podkreślenie zasługuje nie tylko kompleksowość podejścia eksperymentalnego, lecz również fakt uzyskania istotnych poznawczo i aplikacyjnie wyników, które nie tylko poszerzają dotychczasową wiedzę na temat funkcjonowania roślin użytkowych w warunkach suszy glebowej, ale niejako zbierają informacje uzyskiwane na różnych poziomach analitycznych, tworząc spójny obraz zdarzeń prowadzących od ekspresji genów do zmian anatomicznych. Tym niemniej, podczas czytania rozprawy doktorskiej nasunęły mi się pewne spostrzeżenia i pytania, które chciałabym wyrazić z nadzieją, że będzie okazja do ich przedyskutowania podczas obrony rozprawy doktorskiej.

Po pierwsze, według mnie interpretacja roli proliny w adaptacji łubinu do warunków suszy jest niejednoznaczna. Pan mgr Burchardt interpretuje spadek poziomu proliny po zastosowaniu γ -PGA jako efekt korzystny. Tymczasem prolina jest klasycznym markerem adaptacji do stresu, i jej wzmożona synteza jest z reguły interpretowana jako wyraz uruchomienia mechanizmów ochronnych. W dyskusji wyników zabrakło mi jednoznacznego wskazania, czy obniżona zawartość proliny u analizowanych roślin może oznaczać zmniejszenie stresu, czy raczej zmianę strategii odpowiedzi rośliny na ten stres, np. uruchomienie alternatywnych mechanizmów ochronnych. Liczę, że podczas obrony pracy Doktorant odniesie się do tego zagadnienia.

Kwestia druga dotyczy interpretacji zmian aktywności enzymów antyoksydacyjnych. Tu Doktorant pisze o „korzystnej modulacji” aktywności enzymów, wskazując m.in. na spadek aktywności peroksydazy gwajakolowej i wzrost aktywności katalazy i peroksydazy askorbinianowej. Moje doświadczenie w tej materii wskazuje, że nie zawsze wzrost lub spadek aktywności enzymów antyoksydacyjnych ma jednoznacznie pozytywny charakter. Często zależy to od czasu trwania stresu lub poziomu RFT w komórkach. Może Doktorant pokusiłby się podczas obrony o próbę interpretacji tych wyników w kontekście dynamiki czasowej występowania stresu, czyli wczesnej i późnej odpowiedzi stresowej?

Kolejna moja uwaga dotyczy pewnych uogólnień dotyczących „przywracania stanu kontrolnego” roślin przez γ -PGA. Muszę tu zauważyć, że nie wszystkie analizowane parametry wracały do wartości kontrolnych po zastosowaniu tej substancji. Część zmian wydaje się mieć charakter raczej kompensacyjny, niż przywracający stan wyjściowy komórek. Tu moja sugestia na przyszłość, aby stosować bardziej precyzyjne określenia, w stylu „stan zbliżony do kontroli” itp.

Muszę też powiedzieć, że według mnie Doktorant mógł pokusić się o nieco bardziej zaawansowaną analizę statystyczną wyników, ponieważ złożoność układu doświadczalnego (susza-
stężenie γ -PGA-czas aplikacji γ -PGA) umożliwiałyby analizę choćby potencjalnych korelacji. Uwaga
ta ma na celu jedynie zasugerowanie, że przygotowanie wyników pracy do publikacji, co niewątpliwie
nastąpi, mogłoby zostać wzmocnione takimi analizami i płynącymi z nich wnioskami.

Pragnę podkreślić, że powyższe uwagi mają jedynie uzupełniający charakter i nie podważają
wysokiej wartości naukowej pracy.

Podsumowując, w mojej opinii do najważniejszych osiągnięć Pana mgr. Sebastiana Burchardta
należy zaliczyć przede wszystkim (a) wniesienie nowych treści naukowych do badań biologicznych,
ponieważ praca stanowi jedno z nielicznych kompleksowych opracowań dotyczących wpływu γ -PGA
na system korzeniowy i zjawisko symbiozy u *L. luteus* w warunkach suszy; (b) przedstawienie
zintegrowanego modelu działania γ -PGA, czyli wykazanie, że działa on wielorako, m.in. poprzez
regulację homeostazy redoks, modulację gospodarki hormonalnej, wpływ na strukturę ściany
komórkowej i wspomaganie symbiozy brodawkowej; (c) istotne rozszerzenie wiedzy o mechanizmach
tolerancji suszy u roślin strączkowych, szczególnie na poziomie funkcjonowania systemu
korzeniowego; (d) wskazanie możliwości wykorzystania γ -PGA jako biostymulatora w rolnictwie,
ograniczającego skutki suszy i wspierającego produktywność roślin.

Wniosek końcowy

Rozprawa doktorska Pana mgr. Sebastiana Burchardta pt. „Ocena przydatności kwasu poli- γ -
glutaminowego (γ -PGA) w łagodzeniu skutków suszy glebowej w korzeniach łubinu żółtego (*Lupinus
luteus* L.)” wykonana pod opieką promotorską Pani dr hab. Emilii Wilmowicz, prof. UMK oraz Pani
dr Agaty Kućko spełnia wszystkie wymogi stawiane rozprawom doktorskim określone w art. 187
Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U.2024.1571 ze zm.), tj.:

- stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego jakim jest wskazanie możliwego mechanizmu
działania γ -PGA jako biostymulatora niwelującego skutki suszy u roślin strączkowych, szczególnie na
poziomie funkcjonowania systemu korzeniowego;
- prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Doktoranta w dyscyplinie nauki biologiczne i specjalistyczną
w zakresie fizjologii roślin, cytologii i biologii molekularnej;
- świadczy o umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej na wszystkich jej etapach, od
formułowania hipotez i planowania badań, po interpretację wyników i wyciąganie wniosków.

**Wobec powyższego wnioskuję do Rady Dyscypliny Nauki Biologiczne Uniwersytetu
Mikołaja Kopernika w Toruniu o przyjęcie rozprawy doktorskiej Pana mgr. Sebastiana**

Gdańsk, 01.07.2026

Burchardta i dopuszczenie go do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki biologiczne.

Jednocześnie, mając na uwadze wysoką wartość naukową przedstawionej mi do oceny rozprawy doktorskiej, **wnoszę o jej wyróżnienie**, a uzasadnienie tego wniosku załączam do niniejszej recenzji.

KIEROWNIK KATEDRY

dr hab. Anna Aksmann, prof. UG

UZASADNIENIE WNIOSKU O WYRÓŻNIENIE
rozprawy doktorskiej Pana mgr. Sebastiana Burchardta

pt. „Ocena przydatności kwasu poli- γ -glutaminowego (γ -PGA) w łagodzeniu skutków suszy glebowej w korzeniach łubinu żółtego (*Lupinus luteus* L.)”, stanowiące załącznik do sporządzonej przeze mnie recenzji tejże pracy.

Promotor: Pani dr hab. Emilia Wilmowicz, prof. UMK

Promotor pomocniczy: Pani dr Agata Kućko

W mojej ocenie rozprawę doktorską Pana mgr. Sebastiana Burchardta wyróżnia wyraźnie ponadprzeciętny poziom naukowy, co uzasadnia mój wniosek o przyznanie wyróżnienia.

Na szczególne podkreślenie zasługuje **kompleksowy i wielopoziomowy charakter przeprowadzonych badań**, obejmujących analizy anatomiczne, cytologiczne, fizjologiczne, biochemiczne i molekularne. Tak szerokie i spójnie zaplanowane podejście badawcze świadczy o bardzo wysokim poziomie przygotowania warsztatowego doktoranta oraz jego umiejętności integracji złożonych danych eksperymentalnych.

Istotnym walorem pracy jest również jej **oryginalność i aktualność**. Rozprawa wypełnia lukę badawczą w zakresie poznania mechanizmów działania γ -PGA w warunkach stresu suszy u roślin strączkowych, wnosząc nowe, istotne poznawczo informacje dotyczące funkcjonowania systemu korzeniowego i symbiozy brodawkowej.

Za szczególnie wartościowe osiągnięcie należy uznać **zaproponowanie zintegrowanego modelu działania γ -PGA**, który porządkuje uzyskane wyniki i wskazuje mechanizmy odpowiedzialne za wzrost tolerancji roślin na deficyt wody. Świadczy to o dojrzałości naukowej Doktoranta oraz umiejętności formułowania uogólnień na wysokim poziomie.

Podkreślenia wymaga także **wysoki poziom zaawansowania zastosowanych metod badawczych**, odpowiadający aktualnym standardom badań z zakresu szeroko rozumianej fizjologii roślin, a także **potencjał aplikacyjny uzyskanych wyników**, istotny w kontekście współczesnych wyzwań związanych z ograniczonymi zasobami wodnymi i koniecznością wdrażania zasad zrównoważonego rolnictwa.

Uwzględniając powyższe, zwracam się do Rady Dyscypliny Nauki Biologiczne Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu z prośbą o rozważenie możliwości wyróżnienia rozpatrywanej pracy i uhonorowania Doktoranta w sposób przyjęty w Uniwersytecie Mikołaja Kopernika.

KIEROWNIK KATEDRY

dr hab. Anna Aksmann, prof. UG

