



UNIwersytet
MIKOŁAJA KOPERNIKA
W TORUNIU

Wydział Nauk Biologicznych
i Weterynaryjnych

prof. dr hab. Grażyna B. Dąbrowska
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
Wydział Nauk Biologicznych i Weterynaryjnych
Instytut Biologii, Katedra Genetyki
ul. Lwowska 1, 87-100 Toruń

Toruń, 14.05.2026 r.

**Recenzja wniosku pani dr Diany Saji-Garbarz
o nadanie stopnia doktora habilitowanego
w dziedzinie nauki rolnicze w dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo**

Rada Naukowa Instytutu Fizjologii Roślin *im. Franciszka Górskiego* Polskiej Akademii Nauk w Krakowie, zgodnie z art. 221 ust. 5 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, uchwałą nr 4/RN/2026, powołała mnie na recenzentkę w postępowaniu w sprawie nadania pani dr Dianie Saji-Garbarz stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauki rolnicze, w dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo.

1. Dane o karierze naukowej i zatrudnieniu osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego

Pani dr Diana Saja-Garbarz, studia wyższe ukończyła na Wydziale Geograficzno-Biologicznym Uniwersytetu Pedagogicznego *im. Komisji Edukacji Narodowej* w Krakowie (aktualnie Uniwersytetu Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie) w 2009 roku uzyskując tytuł magistra w zakresie biologii, specjalność *biologia z nauczaniem przyrody i wychowaniem zdrowotnym*. Pracę magisterską pt. „Wpływ pochodnych arylofenosykwasów oraz sulfonilomocznika na produkcję ciepła przez siewki zycicy sztywnej oraz liście chabra bławatka” wykonała pod kierunkiem prof. dr. hab. Andrzeja Skoczowskiego.

Stopień naukowy doktora nauk biologicznych w dyscyplinie *biologia, specjalność – fizjologia roślin*, uzyskała w 2013 roku na Wydziale Geograficzno-Biologicznym Uniwersytetu Pedagogicznego *im. Komisji Edukacji Narodowej* w Krakowie (aktualnie Uniwersytetu Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie) na podstawie rozprawy doktorskiej zatytułowanej: „Fizjologiczne podstawy odporności *Centaurea cyanus* L. na tribenuron metylowy oraz przydatność fizycznych i biochemicznych metod do oceny tej odporności” wykonanej pod kierunkiem prof. dr. hab. Andrzeja Skoczowskiego.



Doktor Diana Saja-Garbarz w 2013 roku została zatrudniona na stanowisku adiunkta w Zakładzie Ekofizjologii Instytutu Fizjologii Roślin im. Franciszka Górskiego Polskiej Akademii Nauk w Krakowie, gdzie pracuje do chwili obecnej.

W oparciu o dostarczoną dokumentację stwierdzam, że pani dr Diana Saja-Garbarz spełnia formalne przesłanki, o których mowa w art. 227 ust. 1 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce dotyczące posiadanie stopnia doktora.

2. Omówienie i ocena osiągnięcia, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.)

Pani dr Diana Saja-Garbarz główne osiągnięcie naukowe zatytułowała: „Rola krzemu jako czynnika wspomagającego mechanizmy przystosowawcze rzepaku (*Brassica napus var napus* L.) do stresu suszy glebowej poprzez regulację procesów fizjologicznych i biochemicznych”. Osiągnięcie naukowe obejmuje cykl czterech powiązanych tematycznie publikacji, opublikowanych w latach 2021-2024, w których Kandydatka jest pierwszym autorem. Publikacje wieloautorskie wchodzące w skład głównego osiągnięcia naukowego obejmują od trzech do jedenastu współautorów. Badania naukowe opisane w głównym osiągnięciu opublikowane zostały w czasopismach cenionych w świecie naukowym, posiadających 5-letni współczynnik wpływu *Impact Factor* (IF) i znajdujące się na liście czasopism MNiE (Plants IF 4,5, 70 pkt.; Plant Physiology and Biochemistry – IF 6,4, 70 pkt.; Frontiers in Plant Sciences IF 5,7, 100 pkt.; BMC Plant Biology IF 5,4, 140 pkt.). Łącznie 5-letni IF publikacji uwzględnionych w głównym osiągnięciu naukowym wynosi 22, a liczba punktów MNiE wynosi 380.

Kandydatka jako obiekt badawczy wybrała rzepak (*Brassica napus var napus* L.), roślinę poliploidalną, z rodziny *Brassicaceae*, ważną ekonomicznie i powszechnie uprawianą w krajach europejskich (Francja, Niemcy i Polska) i na świecie, zwłaszcza w Kanadzie, Chinach i Australii, w krajach które są liderami w uprawie tej rośliny oleistej. Wybór tego gatunku do badań jest jak najbardziej uzasadniony, z uwagi na fakt, iż jest to gatunek dostarczający nasion, wykorzystywanych do produkcji oleju rzepakowego, o ważnych właściwościach prozdrowotnych, jest cennym źródłem tłuszczu, zwłaszcza nienasyconych kwasów tłuszczowych, witamin E i K oraz polifenoli i fitosteroli. Rzekpak wykorzystywany jest nie tylko w żywieniu ludzi i zwierząt, ale i do produkcji biodisla, co przynosi znaczące korzyści. Kandydatka w badaniach wykorzystywała rzepak jary, który stanowi alternatywę dla rzepaku ozimego. Biorąc pod uwagę postępujące zmiany klimatu charakteryzujące się bezśnieżną i ciepłą zimą, uprawa rzepaku ozimego o wyższym potencjale plonowania wiąże się z dużym ryzykiem pod kątem strat ekonomicznych. W



światle głównego tematu osiągnięcia naukowego wybór do badań form jarych rzepaku, wymagających dobrych gleb i zwiększonej ilości opadów w okresie wegetacji, co więcej szczególnie wrażliwego na stres suszy w fazie kwitnienia i dojrzewania nasion, jest trafnym wyborem jako modelu do badań mechanizmów adaptacyjnych roślin do suszy glebowej.

W opisywanym głównym osiągnięciu naukowym pani dr Diana Saja-Garbarz skupiła się na ustaleniu roli krzemu jednego z pierwiastków występujących w dużej ilości w skorupie ziemskiej, jako ważnego elementu wspierającego mechanizmy przystosowawcze *B. napus* L. var. *napus* do stresu suszy glebowej poprzez regulację procesów fizjologicznych i biochemicznych. Rola krzemu jako czynnika zwiększającego tolerancję roślin na niedobór wody w glebie jest stosunkowo dobrze udokumentowana zarówno u roślin o wysokiej (*Bambuseae*, *Hordeum vulgare*, *Oryza sativa*, *Sorghum bicolor* i *Triticum aestivum*), średniej (*Commelinaceae*, *Cucurbitaceae* i *Urticaceae*) czy słabej zdolności do akumulacji (*Brassicaceae* i *Solanaceae*) tego pierwiastka. *Czy zastanawiała się Pani, czym można wyjaśnić słabą zdolność rzepaku do akumulacji krzemu? Czy może to wynikać ze zdolności rzepaku do akumulacji innych pierwiastków? Jeśli tak to jakich i gdzie są one głównie akumulowane.*

Pani dr Diana Saja-Garbarz za cel badań postawiła, ustalenie roli krzemu w mechanizmach przystosowawczych rzepaku jarego do suszy glebowej. Cele główne realizowała poprzez analizę wybranych fizjologicznych i biochemicznych procesów zmieniających się w warunkach niedoboru wody podczas wzrostu i rozwoju rzepaku. Hipoteza, którą sformułowała, zakłada, że pobieranie i akumulacja krzemu będą łagodzić niekorzystny wpływ suszy glebowej na kondycję fizjologiczną rzepaku jarego. Kandydatka mając na uwadze procesy fizjologiczne i biochemiczne zachodzące w roślinach, założyła także, że krzem: (i) indukuje zmiany stosunków wodnych w warunkach okresowego niedoboru wody w glebie (hipoteza odnosząca się do publikacji pierwszej ujętej w osiągnięciu naukowym); (ii) ogranicza negatywne skutki suszy i towarzyszącego stresu oksydacyjnego regulując ekspresję genów akwaporyn i poziom związków antyoksydacyjnych (publikacja druga osiągnięcia); (iii) ogranicza poziom stresu oksydacyjnego oraz pozytywnie oddziałuje na gospodarkę wodną korzeni rzepaku w warunkach suszy (publikacja trzecia osiągnięcia); (iv) stymuluje mechanizm obronny związany ze zmianami chemicznymi w ścianach komórkowych korzeni w warunkach suszy glebowej (publikacja czwarta osiągnięcia).

Metodyka badawcza wykorzystana do zrealizowania celu głównego osiągnięcia naukowego obejmowała zaawansowane techniki spektroskopowe, biochemiczne, molekularne, fizjologiczne i chromatograficzne.

Kandydatka w celu ułatwienia całościowego spojrzenia na poruszane problemy badawcze sporządziła i zamieściła w opisie osiągnięcia naukowego ogólny schemat



przebiegu prowadzonych eksperymentów. W badaniach wykorzystywała odmianę populacyjną rzepaku jarego, Markus. Co ciekawe, w przeprowadzonych doświadczeniach wykorzystywała roztwory kwasu ortokrzemowego i komercyjny preparat krzemowy Optysil z firmy Intermag, zawierający poza krzemem także żelazo (stabilizator). To bardzo istotna informacja, która wskazuje, że jednocześnie Kandydatka analizowała w przypadku stosowania tego preparatu nie tylko wpływ krzemu, ale żelaza na reakcję rzepaku narażonego na stres suszy. Co więcej stosowała preparaty krzemowe dogłębowo, takie zastosowanie roztworów krzemu w mojej opinii jest jak najbardziej uzasadnione. *Proszę o informacje odnośnie mechanizmów transportu krzemu u roślin, zwłaszcza u rzepaku?*

Wyniki badań omówione w osiągnięciu pani dr Diana Saja-Garbarz przedstawiła w formie kolejno omawianych wyników z poszczególnych czterech publikacji.

W pierwszej publikacji wchodzącej w skład głównego osiągnięcia naukowego (Saja-Garbarz D., Ostrowska A., Kaczanowska K., Janowiak F. (2021) Accumulation of silicon and changes in water balance under drought stress in *Brassica napus* var. *napus* L. Plants, 10: 280), Kandydatka za cel postawiła ustalenie zawartości krzemu w organach nadziemnych rzepaku rosnącego w warunkach suszy i warunkach optymalnych (kontrola) oraz ocenę zmian bilansu wodnego roślin. Ustaliła, że rośliny podlewane roztworem krzemu, gromadziły ten pierwiastek w części nadziemnej w większym stopniu niż rośliny kontrolne, zarówno w warunkach optymalnego nawodnienia, jak i suszy. Wykazała, że krzem gromadził się w większej ilości w ogonkach liściowych niż w blaszkach liściowych, co może wpływać na przewodnictwo hydrauliczne w liściach. Stwierdziła, że przy dobrym nawodnieniu zawartość wody w liściach rzepaku suplementowanych krzemem spadła, a w suszy zawartość wody była na poziomie porównywalnym do warunków optymalnego nawodnienia. Wskazuje to na fakt, że krzem łagodził skutki niedoboru wody. Ponadto Kandydatka nie stwierdziła akumulacji substancji osmotycznie czynnych, co może wskazywać na efektywne pobieranie i transport wody przez korzenie, a także ich wyższą przewodność hydrauliczną w przy optymalnym nawodnieniu. Wykazała, że w warunkach dobrego nawodnienia w wyniku ewapotranspiracji w ciągu 24 godzin, ilość wody utraconej była taka sama dla roślin traktowanych i niepoddanych suplementacji krzemem. Z kolei w warunkach suszy największa ilość wody odparowała w ciągu 24 godzin z roślin i gleby traktowanej krzemem. Pani dr Diana Saja-Garbarz na podstawie uzyskanych wyników stwierdziła, że u rzepaku jarego strategia wykorzystania krzemu w ochronie przed suszą opiera się na regulowaniu mechanizmu pobierania wody, a nie ograniczaniu jej utraty. *Nasuwa się tu pytanie, czy u wszystkich rośliny stosowanie roztworu krzemu w warunkach suszy działa w taki sam sposób jak u rzepaku jarego?* Ponadto Kandydatka po raz pierwszy u rzepaku jarego dowiodła, że suplementacja krzemem w warunkach optymalnego nawodnienia ogranicza transpirację roślin, co wskazuje, że pozytywna rola tego pierwiastka nie zawsze jest skorelowana z występowaniem czynnika powodującego stres.



Publikacja druga wchodząca w skład głównego osiągnięcia naukowego (Saja-Garbarz D., Libik-Konieczny M., Fellner M., Jurczyk B., Janowiak F. (2022) Silicon-induced alterations in the expression of aquaporins and antioxidant system activity in well-watered and drought-stressed oilseed rape. *Plant Physiology and Biochemistry*, 174: 73-86), dotyczy ustalenia roli akwaporyn w regulacji zawartości krzemu u rzepaku jarego oraz określenia zmian w poziomie wybranych enzymów antyoksydacyjnych, dysmutaz ponadtlenkowych i katalaz, łagodzących skutki stresu oksydacyjnego towarzyszącego suszy. Nowym podejściem do badań był sposób aplikowania roztworów krzemu w formie podlewania, a nie w postaci oprysku roślin, jak to powszechnie się stosuje. Wykorzystując techniki molekularne i biochemiczne, takie jak: odwrotna transkrypcja, real time PCR, PAGE, immunodetekcja, Kandydatka przeanalizowała aktywność transkrypcyjną trzech wybranych genów *BnPIP1*, *BnPIP2-1-7* i *TIP1-1* oraz kodowanych przez te geny białek u rzepaku jarego, rosnącego w warunkach optymalnego podlewania, oraz rośliny traktowanych kompleksem krzemowym lub krzemem. Wykazała, że u roślin rosnących w **optymalnych warunkach wodnych, aplikowanie kompleksu krzemu z żelazem, w formie preparatu Optisil (lecz nie samego krzem) znacząco zwiększa ilość akwaporyn błony plazmatycznej (*BnPIP1* i *BnPIP2-1-7*) i błony tonoplastu (*BnTIP1-1*) oraz zwiększa działanie układu antyoksydacyjnego. Natomiast w **warunkach stresu suszy** taki sam efekty obserwowała niezależnie od zastosowanego preparatu krzemowego, zarówno krzem, jak i kompleks krzemowy (z Fe) wpływały na wzrost akumulacji akwaporyn i poprawę aktywności enzymatycznych i nieenzymatycznych składników układu antyoksydacyjnego. Wykazała, że aktywność SOD w roślinach suplementowanych krzemem pośrednio zależała od rodzaju użytego preparatu. W warunkach dobrego nawodnienia, w roślinach traktowanych kompleksem krzemowym zaobserwowała wzrost ilości dwóch izoform SOD – MnSOD i Cu/ZnSOD, a spadek ilości FeSOD, który jak sugeruje Kandydatka mógł być zrekompensowany znacznym wzrostem ilości izoform Cu/ZnSOD. Ponadto wywnioskowała, że suplementacja krzemem aktywuje układ antyoksydacyjny rzepaku, a różnice w reakcji rzepaku na zastosowany preparat krzemowy mogą też wynikać z obecności żelaza, w jednym z nich (preparacie Optisil). Ustaliła, że w warunkach dobrego nawodnienia, w przypadku zastosowanego kompleksu krzemowego wraz ze wzrostem stężenia krzemu w podłożu u rzepaku wzrastał poziom katalaz, co mogło wskazywać na indukowany krzemem stres oksydacyjny, na co wskazuje wzrost zawartości H₂O₂ w roślinach w warunkach optymalnego nawodnienia. Pani dr Diana Saja-Garbarz udowodniła, że suplementacja krzemem upraw rzepaku poprawia regulację gospodarki wodnej i przyczynia się do ochrony przed stresem oksydacyjnym wywołanym suszą. *Wyniki badań nasuwają pytanie o przeciwciała użyte w eksperymentach, czy były one specyficzne dla typu AQP, np. PIP1 lub PIP2, czy TIP? Czy należałoby wprowadzić dodatkowy wariant eksperymentalny, ułatwiający interpretacje wyników? Jeśli tak to jaki?***



W trzeciej publikacji (Saja-Garbarz D., Libik-Konieczny M., Janowiak F. (2024) Silicon improves root functioning and water management as well as alleviates oxidative stress in oilseed rape under drought conditions. *Frontiers in Plant Science*, 15: 1359747). pani dr Diana Saja-Garbarz na podstawie powyżej opisanych wyników badań przyjęła założenie, że regulacja gospodarki wodnej u rzepaku jarego w warunkach suszy pod wpływem krzemu polega na wzroście efektywności pobierania wody przez system korzeniowy. Kandydatka wykazała, że rośliny rosnące w warunkach dobrego nawodnienia i suplementowane krzemem akumulują mniej tego pierwiastka w korzeniach niż rośliny niesuplementowane. Wyjaśniła, że efekt ten może wynikać ze zwiększonego transportu krzemu do pędu rośliny, a regulacja jego poziomu w korzeniach jest prawdopodobnie bardziej zależna od przewodnictwa szparkowego (szybkości transpiracji) niż od stężenia tego pierwiastka w glebie. Kandydatka wykazała, że w warunkach suszy u roślin z częściowo zamkniętymi szparkami, zawartość krzemu w korzeniach był bardziej zróżnicowany, co może odzwierciedlać zróżnicowane strategie oszczędzania wody. Stwierdza, że hipoteza strategii oszczędzania wody jest tym bardziej prawdopodobna, z uwagi na fakt, że analiza parametrów gospodarki wodnej w nadziemnej części korelowała z przyrostem biomasy korzeni, co sugeruje efektywne wykorzystanie wody. Wykazała w roślinach suplementowanych krzemem, rosnących w warunkach optymalnego nawodnienia wyższą zawartość wody w liściach w porównaniu do roślin kontrolnych, ale nie zaobserwowano zmian w potencjale osmotycznym liści. Co istotne pani dr Diana Saja-Garbarz wykazała, że powyższe wyniki korelują z obserwacjami dotyczącymi części nadziemnych rzepaku opublikowanymi w publikacji pierwszej osiągnięcia. Wykazała wzrost substancji osmotycznie czynnych i poziomu ABA w korzeniach oraz brak zmian przewodnictwa szparkowego w liściach rzepaku jarego rosnącego w warunkach niedobór wody w glebie. Potwierdziła także obserwacje innych badaczy, że w suszy suplementacja krzemem rzepaku wpływa pozytywnie na wzrost i rozwój korzeni rośliny, co sugeruje większą świeżą biomasa korzeni roślin. Z kolei w warunkach optymalnego nawodnienia stwierdziła obniżanie poziomu ABA w korzeniach po zastosowaniu krzemu w porównaniu z grupą kontrolną.

Ponadto Kandydatka sprawdziła zawartość akwaporyn w korzeniach i po raz pierwszy wykazała, że w korzeniach rzepaku w warunkach suszy ilość BnTIP1;1 jest mniejsza niż w roślinach rosnących przy optymalnym nawodnieniu, a zastosowanie krzemu wzmaga ten efekt. Na podstawie powyższych wyników Kandydatka wywnioskowała, że ograniczona ilość badanego białka błon tonoplastu spowodowana suplementacją krzemem zwiększa retencję wody w komórkach poprzez ograniczenie jej odpływu, co chroni rośliny przed stresem suszy. *Czym Kandydatka kierowała się przy typowaniu do analiz trzech akwaporyn rzepaku? Czy skoro badany jest transport krzemu w roślinie, warto byłoby wybrać do badań akwaporyn należących do innego typu? Jeżeli tak, to jakie?*



Pani dr Diana Saja-Garbarz zaobserwowała także, że wysoka aktywność izoform SOD w korzeniach rzepaku nie była stymulowana obecnością krzemu, choć odwrotny efekt stwierdziła w liściach rzepaku podczas suszy. W warunkach dobrego nawodnienia jak i suszy, zaobserwowała, że suplementacja rzepaku krzemem stymulowała aktywność CAT w korzeniach, która korelowała z intensywnym wzrostem korzeni roślin. Wykazała, że przewodnictwo szparkowe korelowało ujemnie z aktywnością CAT w korzeniach oraz że aktywność niskocząsteczkowych przeciwutleniaczy w korzeniach wzrosła po suplementacji krzemem w warunkach dobrze nawodnionych, ale nie podczas suszy. Reasumując Kandydatka wykazała, że suplementacja krzemem stymuluje wzrost korzeni i zdolność absorpcji wody w warunkach suszy, a jednocześnie obniżała akumulację akwaporyny BnTIP1;1, co sprzyjało utrzymaniu wody w komórkach korzeni. Wykazała, że obecność krzemu na poziomie korzeni wspomaga przystosowanie rzepaku do deficytu wody poprzez regulację jej transportu i stabilizację gospodarki wodnej.

W kolejnej, **czwartej publikacji wchodzącej w skład osiągnięcia** (Saja-Garbarz D., Godel-Jędrychowska K., Kurczyńska E., Kozieradzka-Kiszkurno M., Tuleja M., Gula E., Skubala K., Rys M., Urban K., Kwiatkowska M., Libik-Konieczny M. (2024) The effect of silicon supplementation and drought stress on the deposition of callose and chemical components in the cell walls of the *Brassica napus* roots. BMC Plant Biology, 24: 1249). Kandydatka zbadała wpływ krzemu na zmiany zachodzące w ścianach komórkowych w korzeniach rzepaku rosnącego w warunkach suszy. Po raz pierwszy wykazała, że suplementacja tym pierwiastkiem rzepaku rosnącego w warunkach suszy, powoduje modyfikacje ściany komórkowej w korzeniach tej rośliny, o czym świadczy odkładanie się nisko- i wysoko-estryfikowanych pektyn i arabinogalaktanów, w celu zapobiegania skutkom suszy. Ponadto zaobserwowała zmiany w różnicowaniu komórek kory, co interpretuje Kandydatka jako przejaw wzmocnienia tkanek w przeciwdziałaniu zmianom turgoru, szczególnie w warunkach suszy, ponadto obecność grubej ściany komórkowej włókien i blaszki środkowej może stanowić rezerwuuar wody chroniący przed jej utratą. Dodatkowo w korzeniach roślin traktowanych krzemem, w warunkach niedoboru wody stwierdziła wzrost liczby komórek z kalozą. Jednocześnie Kandydatka wykazał, że odkładanie się krzemu w komórkach roślinnych jest swoistym wskaźnikiem przebudowy tkanek zachodzących pod wpływem tego pierwiastka, ponieważ polisacharydy kalozy zapewniają środowisko chemiczne sprzyjające kondensacji kwasu krzemowego.

W ramach tych badań po raz pierwszy, przeanalizowała aktywność trzech wybranych genów syntazy kalozy, *CalS* (*BnC05.CalS.a*, *BnC09.CalS.a* i *BnA10.CalS.b*) w warunkach suszy i po suplementacji rzepaku krzemem. Stwierdziła, że w warunkach optymalnego nawodnienia obecność krzemu powodowała wzrost ekspresji analizowanych genów w korzeniach, choć w suszy następował spadek ich aktywności. Kandydatka nie zaobserwowała korelacji pomiędzy ilością mRNA a zawartością białka, u



allotetraploidalnego rzepaku ($2n=38$), u którego modyfikacje epigenetyczne i regulacja transkrypcji mogą odgrywać kluczową rolę w regulacji ekspresji genów. Wykazała także zróżnicowaną dystrybucję epitopów w różnych tkankach korzeni. *Jakie modyfikacje epigenetyczne Pani zdaniem mogłyby uczestniczyć w regulacji badanych genów? Co jeszcze mogłoby być przyczyną rozbieżności pomiędzy ilością transkryptów a zawartością białka?* Ponadto Kandydatka zaobserwowała, że korzenie rzepaku traktowanego krzemem, rosnącego w warunkach optymalnego nawodnienia charakteryzowały się mniejszą zawartością niskoestryfikowanych pektyn w porównaniu z korzeniami, roślin z innych prób eksperymentalnych. Z kolei w warunkach suszy stwierdziła wyższą zawartość wysokoestryfikowanych pektyn w porównaniu z korzeniami roślin kontrolnych. Ustaliła, że zmiany te mogą być elementem mechanizmu przystosowawczego, wzmacniającego tkanki i ograniczającego utratę wody w warunkach stresu suszy, a tym samym potwierdziła, że krzem ma znaczenie w przebudowie ścian komórkowych w reakcji rzepaku na niedobór wody.

Ocena głównego osiągnięcia

Pozytywnie oceniam całość głównego osiągnięcia naukowego pani dr Diany Saji-Garbarz, która wykorzystując całe spektrum metod udowodniła, że jest specjalistą w zakresie prowadzonych badań naukowych. We wszystkich publikacjach osiągnięcia jest pierwszym autorem co świadczy o jej głównej roli jaką odegrała w tworzeniu publikacji naukowych głównego osiągnięcia polegającej na: opracowaniu koncepcji badań, pozyskaniu środków finansowych na badania, wykonywaniu znacznej części eksperymentów, przeprowadzeniu analiz statystycznych, pisaniu manuskryptu, jego edycji i korekty. Do ważnych elementów osiągnięcia naukowego zaliczam: (i) wykazanie, że krzem moduluje u rzepaku przede wszystkim procesy związane z pobieraniem wody, a nie jedynie z jej utratą; (ii) udokumentowanie po raz pierwszy, że działanie krzemu dotyczy też ograniczania transpiracji w warunkach optymalnego nawodnienia roślin, co pokazuje ważną funkcję fizjologiczną tego pierwiastka niezależną od obecności stresu niedoboru wody; (iii) potwierdzenie, że krzem reguluje u rzepaku ekspresję genów akwaporyn, przyczyniając się do utrzymania prawidłowego turgoru komórek i optymalnego transportu wody; (iv) wykazanie, że obecność krzemu powoduje wzrost poziomu enzymów antyoksydacyjnych (SOD i CAT), co świadczy o aktywacji mechanizmów obronnych łagodzących skutki stresu oksydacyjnego towarzyszącego deficytowi wody; (v) pokazanie, że suplementacja krzemem stymuluje rozwój korzeni i poprawiała ich zdolność absorpcji wody; (vi) ustalenie, że istotnym elementem mechanizmu przystosowawczego do ograniczonej dostępności wody jest modyfikacja struktury ścian komórkowych korzeni rzepaku poprzez odkładanie się kalozy i zmiany stopnia estryfikacji pektyn i arabinogalaktanów. Potwierdziła tym samym hipotezę badawczą i przyjęte założenia



głównego osiągnięcia naukowego. Bardzo wysoko oceniam wkład dr Diany Saji-Garbarz w przeprowadzone badania, które wnoszą oryginalny wkład w zrozumienie funkcjonowania rzepaku jarego w zmiennych, często niekorzystnych warunkach środowiskowych.

3. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

W odniesieniu do głównego osiągnięcia naukowego pani dr Diany Saji-Garbarz stwierdzam, że tematyka badawcza Kandydatki skupia się głównie na ustaleniu roli krzemu w regulacji mechanizmów przystosowawczych rzepaku jarego do warunków suszy glebowej. Ma to istotne znaczenie w kontekście postępujących zmian klimatycznych, będących przyczyną występowania, m.in. susz glebowych.

Kandydatka wykazała się istotną aktywnością naukową. W ramach badań opisanych w osiągnięciu naukowym współpracowała ze specjalistami z kraju i zza granicy podczas: dwóch staży naukowych miesięcznego i dwumiesięcznego, które odbyła w Zakładzie Cytologii i Embriologii Roślin Instytutu Botaniki Uniwersytetu Jagiellońskiego pod kierunkiem dr Moniki Tuleji, krótkich pobytów naukowych na Wydziale Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Śląskiego (opiekun prof. dr hab. Ewa Kurczyńska) oraz w Pracowni Cytologii i Embriologii Roślin, w Katedrze Biologii Eksperymentalnej i Biotechnologii Roślin Wydziału Biologii Uniwersytetu Gdańskiego (opiekun dr hab. Małgorzaty Kozieradzkiej-Kiszkurno, prof. UG) a także pobytów naukowych na Wydziale Nauk Uniwersytetu Palackiego w Ołomuńcu, które Kandydatka odbyła pod kierunkiem prof. Martina Fellnera, realizując badania dotyczące analizy ekspresji genów akwaporyn rzepaku.

W ramach innych aktywności naukowych pani dr Diana Saja-Garbarz zajmowała się tematyką dotyczącą fizjologicznych podstaw odporności chwastów na substancje aktywne, powszechnie stosowanych herbicydów, z wykorzystaniem szybkich metod diagnostycznych – kalorymetrii izotermicznej i spektroskopii FT-ramanowskiej. Zagadnieniem tym Kandydatka zajmowała się podczas realizacji swoich prac magisterskiej i doktorskiej prowadzonych na Wydziale Geograficzno-Biologicznym Uniwersytetu Pedagogicznego im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie (aktualnie Uniwersytetu Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie). W odpowiedzi na jedno z wyzwań współczesnego rolnictwa, którym jest narastające zjawisko odporności chwastów na działanie herbicydów. Kandydatka w badaniach wykorzystywała szybkie i nieinwazyjne metody (kalorymetria izotermiczna i spektroskopia FT-ramanowska), niewymagające



przygotowywania próbek i dają szybką odpowiedź dotyczącą ogólnej aktywności metabolicznej roślin oraz zmian w składzie chemicznym badanego materiału. Podczas realizacji tej tematyki badawczej podjęła współpracę z dr hab. inż. Agnieszką Synowiec, prof. URK z Katedry Agroekologii i Produkcji Roślinnej Wydziału Rolniczo-Ekonomicznego Uniwersytetu Rolniczego *im. Hugona Kollątaja* w Krakowie. Efektem wspólnie prowadzonych badań były dwie opublikowane prace, w pierwszej pokazała nowe zastosowanie kalorymetrii izotermicznej jako potencjalnie użytecznej metody wczesnego wykrywania odporności życicy sztywnej na fenoksaprop-P substancję aktywną zawartą w herbicydach. Ustaliła też, że metoda spektroskopii FT-Ramana może służyć do oszacowania zmian składu chemicznego bielma we wrażliwych i odpornych biotypach życicy. W drugiej pracy wykazała różnice fizjologiczne i biochemiczne między biotypami chabra blawatka związane z ich zróżnicowaną odpornością na tribenuron metylowy. Stwierdzono różnice w suchych nasionach, siewkach i liściach zarówno przed, jak i po zastosowaniu herbicydu, co pozwala na szybkie wnioskowanie o stopniu odporności roślin jeszcze przed zastosowaniem preparatu chwastobójczego.

Kandydatka wykorzystywała spektroskopię FT-ramanowską i kalorymetrię izotermiczną w kolejnych badaniach, których efektem jest osiem publikacji naukowych. Metody te używała podczas swojego udziału jako wykonawca w projekcie Biostrateg2/298241/10/NCBIR/2016 (akronim CROPTECH). W ramach współpracy z jednostkami IFR PAN, badała wpływ światła dalekiej czerwieni na skład chemiczny biomasy *Spirulina platensis* z wykorzystaniem spektroskopii FT-ramanowskiej. Wykazała spadek poziomu fikobiliprotein barwników odpowiedzialnych za prawidłowy przebieg fotosyntezy w porównaniu do sinic rosnących na świetle białym lub niebieskim. W kolejnej publikacji pokazała zmiany składu chemicznego oraz aktywności metabolicznej gorczycy białej i rzepaku po ekspozycji na ekstrakty z ziół o działaniu allelopatycznym.

W innych badaniach prowadzonych we współpracy z naukowcami z poza Instytutu, Kandydatka także wykorzystywała powyższe metody do: (i) oceny wpływu kwasu salicylowego na kiełkowanie nasion kukurydzy oraz na niektóre procesy fizjologiczne i biochemiczne kukurydzy traktowanej miedzią; (ii) oceny wpływu zanieczyszczeń powietrza na zmiany składu chemicznego pyłków brzozy w aspekcie jej alergenicności; (iii) oceny aktywności metabolicznej i różnic w zawartości związków chemicznych podczas sporulacji u ozdobnej paproci *Platyterium bifurcatum*, a wyniki badań opublikowała w kolejnych publikacjach naukowych. Pani dr Diana Saja-Garbarz jest również współautorem pracy metodycznej dotyczącej spektroskopii FT-ramanowskiej, w której pokazała w jakim stopniu różnice we właściwościach fizycznych liści *Alnus viridis*, *Hieracium bifidum* i *Platyterium bifurcatum* pozwalają na określenie jakościowych i ilościowych zmian w ich składzie chemicznym.



Ponadto w ramach współpracy z naukowcami z Politechniki Częstochowskiej i Uniwersytetu Łódzkiego wykorzystywała metodę kalorymetrii izotermicznej, co zaowocowało kolejnymi publikacjami. W pierwszej pracy zbadala odzysk ciepła z kiełkujących nasion fasoli mung w warunkach laboratoryjnych jako potencjalne rozwiązanie odzysku energii odpadowej. Wykazała po raz pierwszy, że kalorymetria izotermiczna nadaje się do określania potencjału energetycznego roślin i ułatwia projektowanie najbardziej efektywnych technik ich uprawy pod względem zużycia energii. W drugiej pracy zbadala fitotoksyczność i potencjał bioherbicydowy olejku eterycznego z tataraku (*Acorus calamus* L.) w odniesieniu do gatunków roślin z rodziny *Fabaceae* i *Brassicaceae*. Wykazała, że olejek z tataraku wywołuje silne zaburzenia metaboliczne objawiające się zwiększoną emisją ciepła u *Brassicaceae*, co potwierdza jego skuteczność jako naturalnego środka chwastobójczego. Techniki kalorymetrii izotermicznej i spektroskopii FT-ramanowskiej wykorzystywała w badaniach prowadzonych w ramach realizacji projektu CROPTECH dotyczącego oceny zmian składu chemicznego i aktywności metabolicznej nasion kukurydzy poddawanych ozonowaniu. Wyniki swoich badań prowadzonych z zastosowaniem opisywanych metod fizycznych Kandydatka prezentowała podczas konferencji naukowych krajowych i międzynarodowych w formie wykładów i posterów.

W zakresie dorobku naukowego pani dr Diany Saji-Garbarz znajduje się też tematyka dotycząca **patogenezy u roślin uprawnych**, realizowana we współpracy z naukowcami z Węgierskiej Akademii Nauk (aktualnie Instytut Ochrony Roślin, Centrum Badań Rolniczych) w Budapeszcie. W ramach tych badań prowadzonych od 2015 roku, Kandydatka zrealizowała wspólnie dwa projekty współpracy bilateralnej i trzeci obecnie trwa oraz przebywała 57 dni na pobytach naukowych w Budapeszcie na Węgrzech. Współpraca ta doprowadziła do opublikowania sześciu prac, w których zbadano: (i) fizjologiczną i biochemiczną reakcję roślin papryki na tobamovirusa; (ii) zmian hormonalne zachodzące pod wpływem zainfekowania tobamovirusem; (iii) lokalne i systemowe zmiany w procesie fotosyntezy i produkcji cukru w papryce zakażonej tobamowirusem i wirusem łagodnej pstrości papryki; (iv) reakcje brasinosteroidowych mutantów jęczmienia na zakażenie mączniakiem prawdziwym; (v) zmiany hormonalne i zmiany w aktywności aparatu fotosyntetycznego u genotypów jęczmienia z różnym poziomem odporności na mączniaka; (vi) reakcję dwóch odmian jęczmienia na mączniaka prawdziwego w warunkach wysokiej temperatury.

Pani dr Diana Saja-Garbarz w ramach współpracy z dr Magdaleną Ryś z Zakładu Biologii Rozwoju i Międzyinstytutowego Laboratorium Biotechnologii i Katalizy Enzymatycznej IFR PAN w Krakowie uczestniczyła w badaniach oceny stosunków wodnych m.in. na podstawie akumulacji akwaporyn u rzepaku ozimego w warunkach przerywanego okresu aklimatyzacji do zimna, co zaowocowało publikacją naukową.



Efektom tej współpracy było też poszerzenie dotychczas realizowanej tematyki współpracy bilateralnej z naukowcami z Węgier oraz projekt naukowy zatytułowany „Rola krzemu w mechanizmach odporności rzepaku na zakażenia patogenami podczas rozhartowywania” (lata 2024-2026), którego kierownikiem jest dr Magdalena Rys.

Kandydatka w ubiegłym roku, w ramach badań statutowych Instytutu Fizjologii Roślin PAN w Krakowie była kierownikiem zadania badawczego pt.: „Cykle wernalizacji i dewernalizacji w okresie zimowym a rozwój i produktywność rzepaku ochronna i biostymulacyjna rola krzemu”

Podsumowując, działania naukowe dr Diany Saji-Garbarz, opisane powyżej wyłączając główne osiągnięcie naukowe, udokumentowane zostały w formie 25 publikacji naukowych w czasopismach krajowych i tych o zasięgu międzynarodowym oraz 22 doniesień konferencyjnych, w tym 5 wykładów na zaproszenie. Podczas udziału w konferencjach w Polsce, Niemczech, Szwecji, Szwajcarii, Hiszpani i Słowacji, Kandydatka zaprezentowała wyniki w formie 20. plakatów i 12. wystąpień. Przed uzyskaniem stopnia doktora Kandydatka opublikowała siedem artykułów, w tym cztery rozdziały w monografiach, w czasopismach krajowych (2 artykuły) i międzynarodowych (1 artykuł) oraz 12 doniesień konferencyjnych, co łącznie daje IF 3,2 i 28 punktów MNiE i 8 cytowań wg bazy Web of Science. W okresie po uzyskaniu stopnia doktora Kandydatka opublikowała 18 artykułów naukowych w uznanych czasopismach: *Modern Phytomorphology*, *Acta Physiologiae Plantarum*, *Engineering in Life Sciences*, *Photosynthetica*, *Plant Physiology and Biochemistry*, *Agronomy*, *Physiological and Molecular Plant Pathology*, *PLoS One*, *Thermochimica Acta*, *Life*, *Polish Journal of Natural Sciences*, *Scientia Horticulturae*, *International Journal of Molecular Sciences*. Parametry bibliometryczne z okresu po uzyskaniu stopnia doktora wynoszą: IF 67,8, liczba punktów MNiE 1245, 266 cytowań. Dane te wskazują, że w porównaniu do okresu przed uzyskaniem stopnia doktora pani dr Diana Saja-Garbarz znacznie zwiększyła aktywność naukową. Całkowity dorobek naukowy Kandydatki w momencie składania dokumentacji wynosił: Impact Factor 93, Indeks Hirsha 11, liczba punktów 1652 według listy MNiE zgodna z rokiem opublikowania artykułu, liczba cytowani 310 bez autocytowań wg Web of Science Core Collection.

Kandydatka uczestniczyła jako wykonawca w pracach innych zespołów badawczych w ramach projektów finansowanych: z Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki – Poddziałanie 8.2.1., przez Instytut Upraw, Nawożenia i Gleboznawstwa (IUNiG) w Puławach, oddział we Wrocławiu (1 projekt) i Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (3 projekty). Odbyła łącznie sześć staży krajowych (Uniwersytet Jagielloński, Uniwersytet Gdański, Uniwersytet Śląski, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski) i dwa zagraniczne (Instytut Ochrony Roślin, Centrum Badań Rolniczych, Budapeszt, Węgry i Uniwersytet Palackiego, Olomuniec, Czechy). Pani dr Diana Saja-Garbarz była kierownikiem projektu



finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki, 2022/06/X/NZ3/00555 MINIATURA. Ośmiokrotnie kierowała zadaniami badawczymi w ramach działań statutowych Instytutu Fizjologii Roślin PAN w Krakowie oraz kierowała trzema projektami badawczymi finansowanymi ze środków wewnętrznych jednostki badawczej, w której jest zatrudniona. Od 2017 roku uczestniczy w ramach programu międzynarodowego we współpracy bilateralnej pomiędzy Polska a Węgierską Akademią Nauk.

Pozytywnie oceniam aktywność naukową pani dr Diany Saji-Garbarz, która obejmowała udział w projektach badawczych realizowanych w zespołach interdyscyplinarnych, w których rozwijała kompetencje eksperymentalne, organizacyjne i projektowe.

4. Informacje o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę

W ramach działań dydaktycznych dr Diana Saja-Garbarz w latach 2014-2024, prowadziła zajęcia dydaktyczne dla studentów V roku Biotechnologii Uniwersytetu Rolniczego *im. Hugona Kollątaja* w Krakowie z przedmiotu „Analiza instrumentalna”. Natomiast w 2023 roku wygłosiła wykład pt. „Krzem panaceum w ochronie przed czynnikami stresowymi u roślin” w ramach kursu „Postępy biologii komórki” dla studentów III stopnia Szkoły Doktorskiej Nauk Ścisłych i Przyrodniczych przy Uniwersytecie Jagiellońskim w Krakowie. Od 2016 roku Kandydatka posiada uprawnienia egzaminatora Okręgowej Komisji Egzaminacyjnej w Krakowie z zakresu egzaminu maturalnego z biologii oraz zaświadczenie o ukończeniu kursu dla kierowników placówek wypoczynku dla dzieci i młodzieży. Pani dr Diana Saja-Garbarz w 2022 r. ukończyła studia podyplomowe w zakresie organizacji i zarządzania oświatą. W kolejnym roku otrzymała wyróżnienie, srebrną odznakę Społecznego Towarzystwa Oświatowego, a w 2025 r. – akt nadania stopnia awansu zawodowego nauczyciela dyplomowanego. Pięciokrotnie w latach 2014-2016, 2021 i 2023, sprawowała opiekę nad studentami Uniwersytetu Pedagogicznego *im. Komisji Edukacji Narodowej* w Krakowie, Wydziału Geograficzno-Biologicznego, Instytut Biologii w ramach praktyk studenckich.

Edukacyjne działania Kandydatki polegały także na zrealizowaniu dwóch projektów międzynarodowych finansowanych z programu ERASMUS+ (2014 r. „Historie w kamieniach zamknięte”, 2014-2017 r. – „Schools: Future Labs”). W latach 2022-2025 była współautorem i koordynatorem merytorycznym dwóch projektów edukacyjnych finansowanych przez Urząd Miasta Krakowa (nr W/1/2120/SZ/548/2022 i nr W/1/2198/SZ/887/2023) oraz po jednym projekcie finansowanych z programu Województwa Małopolskiego i Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i



Gospodarki Wodnej w Krakowie. Zajmowała się również koordynowaniem współpracy ze strony IFR PAN z placówkami edukacyjnymi: Zespołem Szkół Ogólnokształcących im. Juliusza Słowackiego Społecznego Towarzystwa Oświatowego w Krakowie, Stowarzyszeniem Szkolny Klub Sportu i Turystyki GLOSATOR w Krakowie, XII Liceum Ogólnokształcącym im. Cypriana Kamila Norwida w Krakowie, z uczelniami wyższymi: Zakładem Cytologii i Embriologii Roślin, Instytutu Botaniki, Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie i Wydziałem Rolniczo-Ekonomicznym, Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kollątaja w Krakowie.

Działalność organizacyjna Kandydatki obejmuje członkostwo w Radzie Naukowej Instytutu Fizjologii Roślin *im. Franciszka Górskiego* Polskiej Akademii Nauk w Krakowie w latach 2015-2026 oraz w Komisji RN ds. Rozwoju Kadry Naukowej, ds. Ocny Działalności Naukowej w latach: 2019-2026, Komisji ds. Nadawania Stopnia Doktora i Komisji Dyscyplinarnej w latach 2023-2026 RN IFR PAN w Krakowie. Pani dr Diana Saja-Garbarz od 2015 do 2018 roku była zastępcą sekretarza Rady Naukowej Instytutu Fizjologii Roślin *im. Franciszka Górskiego* Polskiej Akademii Nauk w Krakowie oraz sekretarzem tej Rady Naukowej w latach: 2019-2026 a także specjalistką do spraw przebiegu procedur przewodów doktorskich w latach 2017-2018. Była organizatorem dwóch, a współorganizatorem siedmiu konferencji.

Pani dr Diana Saja-Garbarz **podjęmowała też działalność popularyzatorską** polegającą na wygłoszeniu trzech wykładów popularno-naukowych w ramach Festiwalu Nauki w Krakowie (lata 2014-2016), wykładów w ramach seminariów naukowych wygłoszonych w Instytucie Fizjologii *im. Franciszka Górskiego* PAN i Instytucie Katalizy i Fizykochemii Powierzchni PAN oraz wykładu podczas webinarium organizowane przez redakcję czasopisma Edukacja Biologiczna i Środowiskowa w 2023 r. Kandydatka prowadziła też wykłady i zajęcia w formie warsztatów dla uczniów szkół podstawowych i ponadpodstawowych

Jako specjalista wykonywała badania zlecone dla Uniwersytetu Pedagogicznego im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie, Politechniki Częstochowskiej i Uniwersytetu Łódzkiego polegające na wykonaniu pomiarów z użyciem spektroskopii Ramana z transformacją Fouriera oraz kalorymetrii izotermicznej.

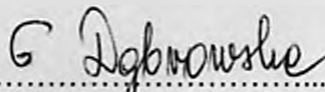
Kandydatka podnosiła swoje kompetencje, odbyła cztery szkolenia, w zakresie poznawania technik: real time PCR, western blotting, test ELISA, test dot-blot i spektrometria fluorescencji rentgenowskiej całkowitego odbicia (TXRF), które przypadają na lata 2015, 2017, 2023 i 2024. Była recenzentem pracy magisterskiej oraz wykonała recenzje artykułów naukowych dla czasopism *Acta Physiologiae* i *Current Agronomy*. Jest



członkiem towarzystw naukowych, International Society for Biological Calorimetry, Polskiego Towarzystwa Botanicznego i Polskiego Stowarzyszenia Nauczycieli Przedmiotów Przyrodniczych.

Ocena końcowa

Biorąc pod uwagę główne osiągnięcie naukowe, które wnosi nowe istotne informacje na temat reakcji rzepaku na obecność krzemu, także w warunkach stresu suszy oraz pozostałe informacje o dorobku naukowym, stwierdzam, że badania te wpisują się w zakres dziedziny nauk rolniczych, dyscypliny rolnictwo i ogrodnictwo. Ponadto na podstawie analizy całokształtu osiągnięć naukowych pani dr Diany Saji-Garbarz o dużej wartości merytorycznej, uwzględniając wskaźniki bibliometryczne, udział w pracach zespołów badawczych, w tym finansowanych w ramach konkursów, odbyte staże naukowe oraz działalność organizacyjną stwierdzam, że pani dr Diana Saja-Garbarz spełnia warunki określone w art. 227 ust. 1 pkt 1 lit. b Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce stawiane kandydatom do stopnia naukowego doktora habilitowanego. Popieram wniosek o nadanie pani dr Dianie Saji-Garbarz stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk rolniczych, dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo.


.....
(podpis Recenzenta)