Dr hab. Lidia Piechowicz, prof. Uczelni
Katedra Mikrobiologii
Gdański Uniwersytet Medyczny
ul. Dębowa 25, 80-204 Gdańsk,
tel. 58 349 18 31, fax 58 349 18 29

Gdańsk, dnia 31 sierpnia 2026 r.

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr Jana Kamińskiego

pt. „Reakcje fizjologiczno-biochemiczne roślin na zanieczyszczenia środowiska naturalnego związkami fluoru", wykonanej w Katedrze Fizjologii, Genetyki i Biotechnologii Roślin, Wydziału Biologii i Biotechnologii, Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, pod kierunkiem prof. dr hab. Agnieszki I. Piotrowicz-Cieślak oraz dr Alicji Stachelskiej - Wierzchowskiej.

Znaczenie podjętych badań

Praca doktorska Pana mgr. Jana KAMIŃSKIEGO dotyczy analizy wpływu zanieczyszczenia środowiska związkami fluoru, ze szczególnym uwzględnieniem jonów fluorkowych oraz fluorowanych antybiotyków z grupy fluorochinolonów, na fizjologię roślin oraz strukturę i funkcjonowanie związanych z nimi mikrobiomów.

Zanieczyszczenie środowiska związkami fluoru stanowi istotny i aktualny problem, związany z ich szerokim zastosowaniem w różnych dziedzinach działalności człowieka, w tym w przemyśle, medycynie i rolnictwie. Szczególne znaczenie mają jony fluorkowe (F^-), które mogą przedostawać się do gleby i wód w następstwie działalności przemysłowej, spalania paliw oraz stosowania nawozów. Istotnym aspektem tego zagadnienia jest również obecność w środowisku fluorowanych substancji farmaceutycznych, w tym antybiotyków z grupy fluorochinolonów, które mogą trafiać do środowiska wraz ze ściekami oraz odchodami ludzi i zwierząt. Obecność związków fluoru w środowisku stwarza możliwość ich pobierania przez rośliny, transportu w obrębie organizmu oraz akumulacji w poszczególnych organach, a w konsekwencji także ich transferu do kolejnych ogniw łańcucha pokarmowego. Nadmierna akumulacja tych związków może prowadzić do zaburzeń kluczowych procesów fizjologicznych roślin, a w konsekwencji do ograniczenia ich wzrostu i produktywności. Równie istotnym aspektem jest oddziaływanie fluorochinolonów na mikroorganizmy środowiskowe, w szczególności na strukturę i funkcjonowanie zbiorowisk mikroorganizmów związanych z roślinami. Obecność tych substancji może ponadto sprzyjać selekcji bakterii opornych na antybiotyki, co nadaje analizowanej problematyce dodatkowy wymiar środowiskowy i zdrowotny. Znaczenie przedstawionej

problematyki znajduje szczególne uzasadnienie w koncepcji *One Health*, podkreślającej wzajemne zależności między zdrowiem ludzi i zwierząt, stanem środowiska oraz prawidłowym funkcjonowaniem ekosystemów. Z tego względu kompleksowe podejście, uwzględniające jednocześnie rośliny, związane z nimi mikrobiomy oraz warunki środowiskowe, jest istotne dla lepszego poznania mechanizmów oddziaływania związków fluoru oraz oceny ich potencjalnych konsekwencji ekologicznych. Wyniki tego rodzaju badań mogą również stanowić podstawę do opracowania skuteczniejszych strategii monitorowania i ograniczania negatywnych skutków zanieczyszczeń.

W tym kontekście podjęcie przez Pana mgr. Jana KAMIŃSKIEGO badań nad oddziaływaniem związków fluoru na rośliny oraz związane z nimi mikroorganizmy należy uznać za w pełni uzasadnione, zarówno z poznawczego, jak i potencjalnie aplikacyjnego punktu widzenia.

Celem rozprawy doktorskiej były w szczególności:

- analiza wpływu zanieczyszczenia środowiska związkami fluoru, w tym fluorochinolonami, na fizjologię roślin oraz strukturę i funkcjonowanie ich mikrobiomów;
- ocena potencjału roślin jako bioindykatorów oraz organizmów wykorzystywanych w procesach bioremediacji;
- eksperymentalna weryfikacja nowego, dotychczas niepotwierdzonego mechanizmu degradacji chlorofilu indukowanego obecnością związków fluoru.

Formalna i merytoryczna ocena pracy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska Pana mgr. Jana KAMIŃSKIEGO została przygotowana w formie zwięzłego opracowania opartego na cyklu dwóch oryginalnych publikacjach naukowych.

1. **Kamiński, J.**, Stachelska-Wierzchowska, A., Michalczyk, D. J., Klimkowicz-Pawlas, A., Olkowska, E., Wolska, L., & Piotrowicz-Cieślak, A. I. 2024. Changes in metabolism and content of chlorophyll in common duckweed (Lemna minor L.) caused by environmental contamination with fluorides. Molecules, 29(10), 2336. IF2024 – 4.6; MNiSW2024 – 140 pkt.

2. **Kamiński, J.,** Piotrowicz-Cieślak, A.I. 2026. Effects of inorganic fluoride and the fluoroquinolone antibiotic pefloxacin on the growth and microbiome structure of Eruca sativa L. International Journal of Molecular Sciences, 27(7), 2931. IF2026 – 5.6; MNiSW2026 – 140 pkt.

W obydwu pracach Doktorant jest pierwszym autorem i na podstawie deklaracji współautorów można jednoznacznie wnioskować o dużym zaangażowaniu Pana mgr. Jana KAMIŃSKIEGO w prowadzenie badań i powstanie dzieła. Obie prace zostały opublikowane w renomowanych, międzynarodowych czasopismach z listy filadelfijskiej (JCR), o wysokim sumarycznym współczynniku oddziaływania IF = 10.2 oraz wysokiej sumarycznej punktacji MNiSW równej 280 punktów.

Rozprawa doktorska Pana mgr. Jana KAMIŃSKIEGO napisana jest poprawnym, przejrzystym językiem i cechuje się starannością edytorską. Zawiera elementy składowe, w tym: wykaz publikacji na podstawie których oparta jest rozprawa doktorska, streszczenie i tekst pracy z 5 rozdziałami przedstawionymi w formie skróconej (stan wiedzy i uzasadnienie badań, cel pracy, materiał i metodyka

badań, wyniki i dyskusja, wnioski), następnie bibliografia oraz oświadczenia współautorów publikacji na podstawie których oparta jest rozprawa doktorska.

Streszczenie jest napisane dobrze, z precyzyjnie zaznaczonym celem pracy i osiągnięciami uzyskanymi w przebiegu badań oraz krótkim podsumowaniem efektów badań.

W rozdziale **„Stan wiedzy i uzasadnienie badań"** Pan mgr Jan KAMIŃSKI przedstawił zagadnienia związane z występowaniem fluoru w środowisku naturalnym oraz omówił główne antropogeniczne źródła tego pierwiastka. Szczególną uwagę poświęcił fluorochinolonom – związkom stosowanym jako leki przeciwbakteryjne w medycynie oraz w lecznictwie weterynaryjnym. Podkreślił, że ich stosowanie w hodowli zwierząt może przyczyniać się do obecności pozostałości tych związków w środowisku, między innymi za pośrednictwem odchodów zwierząt poddawanych leczeniu. Następnie Doktorant omówił wpływ fluoru, zależny od jego stężenia i formy chemicznej, na zdrowie człowieka oraz organizmy roślinne. Szczególną uwagę poświęcił zjawisku fitotoksyczności fluoru, przejawiającemu się na różnych poziomach organizacji biologicznej. Jednym z charakterystycznych skutków nadmiernej ekspozycji roślin na fluor jest zaburzenie metabolizmu i degradacja chlorofilu, prowadzące między innymi do występowania objawów chlorozy. W tej części pracy Doktorant trafnie wskazuje na poznawczy aspekt prowadzonych przez siebie badań, związany z poszerzeniem wiedzy na temat mechanizmów oddziaływania związków fluoru z cząsteczkami chlorofilu, a także na ich potencjalne znaczenie aplikacyjne, w szczególności w kontekście wykorzystania roślin w procesach bioremediacji. W końcowej części rozdziału Doktorant przedstawił również zagadnienia dotyczące wpływu zanieczyszczeń środowiska związkami fluoru na strukturę i funkcjonowanie mikrobiomu roślin oraz potencjalnego sprzyjania selekcji mikroorganizmów wykazujących oporność na środki przeciwdrobnoustrojowe. Stanowi to istotny aspekt oceny konsekwencji zanieczyszczenia środowiska, szczególnie w kontekście upraw roślin przeznaczonych do spożycia. Zagadnienie to nabiera dodatkowego znaczenia w związku z rosnącym udziałem świeżych, nieprzetworzonych produktów roślinnych w diecie człowieka.

Omawiana część pracy, pomimo swojej zwięzłości, zawiera najistotniejsze informacje niezbędne do wprowadzenia w tematykę badań oraz przekonująco uzasadnia celowość ich podjęcia. Doktorant wykazał się przy tym szeroką wiedzą teoretyczną oraz dobrą znajomością problematyki badawczej stanowiącej przedmiot rozprawy.

Następny rozdział zawiera **Cele badań**, jakie zostały obrane przez Doktoranta oraz cztery hipotezy badawcze. Zarówno cele, jak i hipotezy zostały właściwie sformułowane.

Rozdział **„Materiał i metodyka badań"** wprowadza w zakres przeprowadzonych eksperymentów oraz wykonywanych analiz. Przedstawiono w nim pochodzenie badanego materiału oraz cel poszczególnych doświadczeń i oznaczeń. Opis jest zwięzły, a zarazem jasny i zrozumiały. Doktorant przedstawił również w formie tabelarycznej zestawienie metod zastosowanych w badaniach, co ułatwia zapoznanie się z zakresem przeprowadzonych analiz i świadczy o wielokierunkowym podejściu do podjętej problematyki badawczej. Dobór materiału badawczego oraz zastosowanej metodyki należy uznać za adekwatny do założonego celu i zakresu badań.

W tym miejscu należy jednak zwrócić uwagę na pewną niekonsekwencję w prezentacji danych zawartych w tabeli. W kolumnie „Metody badawcze" nie zawsze podano nazwę zastosowanej metody,

co może utrudniać jednoznaczną identyfikację poszczególnych procedur badawczych. Wskazane byłoby zatem ujednolicenie sposobu prezentacji tych informacji.

Odnosząc się do **Wyników badań i dyskusji**, są one najobszerniej opisane w ocenianej rozprawie doktorskiej. Pan mgr Jan KAMIŃSKI przedstawił logiczne wprowadzenia do każdego etapu badań, krótko omówił doświadczenia i przeprowadził interpretację i podsumowanie uzyskanych wyników. Jednocześnie umiejętnie porównał wyniki badań własnych z danymi literaturowymi. W toku prowadzonych badań eksperymentalnych Doktorant nie stwierdził istotnych statystycznie zmian w parametrach morfologicznych rzęsy drobnej (*Lemna minor* L.) po siedmiu dniach hodowli, zarówno w ekstraktach glebowych zanieczyszczonych fluorem, jak i w pożywkach syntetycznych. Wynik ten wskazuje, że poziomy fluoru emitowane przez badaną fermę nie powodują wyraźnych, makroskopowych zmian w badanej roślinie. Na podstawie analiz przeprowadzonych na poziomie fizjologicznym i biochemicznym, odnotował natomiast istotne zmiany w zawartości chlorofilu oraz aktywności enzymów związanych z jego metabolizmem. Ponadto wykazał potencjalną zdolność *L. minor* do efektywnego usuwania fluoru ze środowiska, co stwarza możliwość jej praktycznego wykorzystania w technologiach bioremediacyjnych. Ważnym osiągnieciem Doktoranta było też wykazanie dotąd nieznanego mechanizmu bezpośredniego oddziaływania jonów fluorkowych na strukturę cząsteczki chlorofilu poprzez analizę zmian w widmach absorpcyjnych barwnika. Jednocześnie wykrył istotne zmiany strukturalne i funkcjonalne w mikrobiomie rukoli (*Eruca sativa* L.) wywołane działaniem pefloksacyny oraz HF, które były w dużej mierze związane ze wzrostem liczebności bakterii należących do rzędu *Burkholderiales* oraz całkowitym zanikiem przedstawicieli rodzaju *Pedobacter*. Zmianom tym towarzyszyły zaburzenia w szlakach metabolicznych związanych z przemianami węgla.

Podsumowując, należy stwierdzić, że wyniki badań eksperymentalnych uzyskane przez Doktoranta przedstawiają istotną wartość poznawczą i przyczyniają się do poszerzenia wiedzy w zakresie fizjologii roślin oraz oddziaływania zanieczyszczeń środowiska na organizmy roślinne. Uzyskane rezultaty mają również potencjalne znaczenie aplikacyjne i mogą stanowić podstawę do podejmowania dalszych, pogłębionych badań nad mechanizmami odpowiedzi roślin na stres środowiskowy oraz możliwościami wykorzystania tych organizmów w działaniach związanych z ograniczaniem skutków zanieczyszczeń.

W części dotyczącej **„Wniosków"** Doktorant przedstawił w pięciu punktach konkluzje wynikające z uzyskanych wyników badań. Odnoszą się one bezpośrednio do celów sformułowanych we wstępnej części rozprawy i zostały poprawnie oraz jasno sformułowane. Większość wniosków dotyczy mikrobiologicznego aspektu badań, a w szczególności zmian w strukturze mikrobiomu roślin pod wpływem zanieczyszczeń związkami fluoru, w tym przede wszystkim fluorochinolonami. Doktorant wykazał, że zarówno pefloksacyna, jak i jony fluorkowe wywierają istotną presję selekcyjną na mikrobiom rukoli (*E. sativa*). Obserwowane zmiany obejmują zaburzenia liczebności mikroorganizmów istotnych dla prawidłowego funkcjonowania roślin, a także zwiększenie udziału bakterii potencjalnie niekorzystnych z punktu widzenia zdrowia człowieka, w tym mikroorganizmów będących nosicielami genów oporności na antybiotyki.

Przedstawione wyniki wskazują, że obecność związków o działaniu przeciwdrobnoustrojowym w środowisku może wywierać istotny wpływ nie tylko na organizmy docelowe, lecz również na mikrobiologiczne komponenty ekosystemów. Wnioski te mają istotne znaczenie w kontekście oceny potencjalnego ryzyka ekologicznego oraz potrzeby opracowania skutecznych strategii ograniczania negatywnych skutków zanieczyszczeń środowiska i ochrony zdrowia ekosystemów, zwierząt oraz ludzi.

W tym miejscu chciałabym skierować do Doktoranta pytania dotyczące oddziaływania fluorochinolonów na bakterie, na które oczekuję odpowiedzi podczas publicznej obrony rozprawy doktorskiej.

1. *W jaki sposób dochodzi do selekcji bakterii opornych na fluorochinolony w środowisku zanieczyszczonym tymi związkami?*

2. *Jakie mechanizmy odpowiadają za nabywanie i rozprzestrzenianie się genów oporności na antybiotyki u bakterii?*

Bibliografia zamieszczona w pracy zawiera w większości obcojęzyczne artykuły z ostatnich 10 lat, prawidłowo cytowane.

Na zakończenie recenzji pragnę podkreślić, że merytoryczna ocena publikacji Pana mgr. Jana KAMIŃSKIEGO, stanowiących podstawę rozprawy doktorskiej, została już dokonana na etapie procesu recenzyjnego poprzedzającego ich publikację. Recenzji tej dokonali specjaliści posiadający kompetencje w zakresie tematyki poszczególnych prac. Po zapoznaniu się z publikacjami oraz ich omówieniem przedstawionym w rozprawie doktorskiej, w pełni podzielam ich pozytywną ocenę.

Podsumowanie

Stwierdzam, że przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska Pana mgr. Jana KAMIŃSKIEGO pt. **„Reakcje fizjologiczno-biochemiczne roślin na zanieczyszczenia środowiska naturalnego związkami fluoru"** stanowi oryginalne opracowanie naukowe, zawierające wartościowe wyniki badań eksperymentalnych, których wyniki zostały opublikowane w renomowanych czasopismach naukowych. Doktorant wykazał się szeroką wiedzą teoretyczną w zakresie podejmowanej problematyki, właściwie uzasadnił potrzebę przeprowadzenia badań oraz prawidłowo je zaplanował i zrealizował. Uzyskane wyniki mają istotną wartość poznawczą i wnoszą nowe elementy do wiedzy dotyczącej wpływu zanieczyszczeń środowiska na organizmy roślin.

Stwierdzam, że przedstawiona rozprawa doktorska spełnia warunki określone w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (tekst jednolity Dz. U. z 2024 r. poz. 1571, ze zm.) i wnioskuję do Rady Naukowej Dyscypliny Nauki Biologiczne Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, o dopuszczenie Pana mgr. Jana KAMIŃSKIEGO do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie nauki biologiczne, a także wnioskuję o wyróżnienie ocenianej rozprawy doktorskiej.

Lidia Piechowicz

dr hab. n. med. Lidia Piechowicz, prof. Uczelni
Gdański Uniwersytet Medyczny

Uzasadnienie wniosku

o wyróżnienie rozprawy doktorskiej Pana mgr. Jana KAMIŃSKIEGO

Podstawę wniosku o wyróżnienie ocenianej rozprawy doktorskiej stanowią w szczególności:

1) opublikowanie wyników badań będących przedmiotem rozprawy w wysoko punktowanych czasopismach naukowych, tj. *„Molecules"* oraz *„International Journal of Molecular Sciences"*, indeksowanych w międzynarodowych bazach bibliograficznych, w latach 2024, 2026;

2) pierwsze autorstwo Doktoranta w dwóch oryginalnych artykułach naukowych oraz jego znaczący wkład w ich przygotowanie i proces publikacyjny, potwierdzony deklaracjami dotyczącymi wkładu poszczególnych autorów (*Author Contributions*);

3) wartość poznawcza uzyskanych wyników, które poszerzają wiedzę dotyczącą oddziaływania związków fluoru na fizjologię roślin oraz strukturę i funkcjonowanie związanych z nimi mikrobiomów.

Lidia Piechowicz

dr hab. n. med. Lidia Piechowicz, prof. Uczelni
Gdański Uniwersytet Medyczny