

dr hab. Michał Węgrzyn, prof. UJ  
Instytut Botaniki  
Wydział Biologii  
Uniwersytet Jagielloński w Krakowie  
ul. Gronostajowa 3  
30-387 Kraków

Kraków, 25.07.2023

Podstawa formalna: recenzja została sporządzona dla Rady Naukowej Uniwersytetu Opolskiego zgodnie z Uchwałą Nr 123 / 2023 z dnia 22 czerwca 2023 r.

### RECENZJA PRACY DOKTORSKIEJ

autorstwa Pana mgra Pawła Świsłowskiego, pt. „Zastosowaniem mchów w biomonitoringu aktywnym na terenach zurbanizowanych.” wykonanej w Instytucie Biologii, pod kierunkiem prof. dr hab. Arkadiusza Nowaka oraz dr hab. Małgorzaty Rajfur, prof. UO.

#### Wartość naukowa i merytoryczna rozprawy

Struktura pracy jest zgodna z ogólnymi zasadami i wymogami stawianymi rozprawom doktorskim i została przedłożona w formie 235 stronicowego manuskryptu jako autoreferatu, który zawiera stronę tytułową, spis treści, wykazane osiągnięcie jako cykl 9 jednotematycznych publikacji, wykaz tychże publikacji przedstawionych do oceny w przewodzie doktorskim, oświadczenia współautorów odnośnie ich udziału w powstawaniu publikacji, wykaz dorobku naukowego doktoranta.

Tematyka pracy jest niezwykle ciekawa i dotyczy mechanistycznego zrozumienia procesu akumulacji wybranych pierwiastków w tym metali ciężkich przez trzy gatunki wybranych mchów: *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt., *Sphagnum fallax* (Klinggr.) Klinggr. i *Dicranum polysetum* Sw. w celu oceny możliwości ich wykorzystania w aktywnym biomonitoringu zanieczyszczenia powietrza na terenach zurbanizowanych.

Potencjalnie otrzymane i przedstawione wyniki uzupełniają dotychczasową tak bardzo potrzebną wiedzę na temat opracowania i testowania metodyki prowadzenia monitoringu zanieczyszczenia powietrza niepożądanymi pierwiastkami metalicznymi, z wykorzystaniem techniki translokacji mchów jako bioindykatorów.

W ramach prezentacji swojego osiągnięcia naukowego Pan mgr Paweł Świsłowski kolejno opisuje celowość przeprowadzenia i opublikowania swoich badań w dziewięciu recenzowanych artykułach naukowych w czasopismach z listy JCR. W mojej opinii kolejność jak i celowość ich prezentacji i złączenia w całość rozprawy doktorskiej jest prawidłowa.

Wszystkie prace opublikowane w przeciągu dwóch lat, a ujęte w autoreferacie dotyczą tematyki badań monitoringowych przy zastosowaniu mszaków jako bioindykatorów. Przy czym prace mają charakter wieloaspektowy, a ich lektura pozwala na bardzo wszechstronne przyglądnięcie się: zagadnieniom samego monitoringu, przykładom nowatorskiego zastosowania, jak i reakcji fizjologicznej samych mszaków na warunki zaplanowanych eksperymentów.

Badania prezentowane we wszystkich pracach dotyczą trzech gatunków mszaków *Pleurozium schreberi*, *Sphagnum fallax* i *Dicranum polysetum* jako stosowanych bioindykatorów w aspekcie: 1) poznawania mechanizmów akumulacji badanych pierwiastków w warunkach laboratoryjnych; 2) porównania jakości i tempa akumulacji badanych pierwiastków, 3) samej metody ekspozycji bioindykatorów na otwartych przestrzeniach; 4) wpływu akumulowanych pierwiastków chemicznych na kondycję witalną mchów, poprzez pomiar zawartości chlorofilu a i b w gametofitach mchów oraz aktywności fotosyntetycznej; 5) wpływu wybranych czynników środowiskowych na tempo akumulacji; 6) zastosowania badanych bioindykatorów w zamkniętych pomieszczeniach do badania wpływu dymu tytoniowego spalane go tradycyjnie i w elektronicznych podgrzewaczach na tempo akumulacji pierwiastków chemicznych; 7) oceny żywotności aparatu fotosyntetycznego w mchach przy jednoczesnej ocenie jakości i tempa akumulacji wybranych pierwiastków chemicznych w warsztacie samochodowym i bliskim jego zewnętrznym otoczeniu; 8) oceny wzrostu zanieczyszczenia powietrza wywoływanego sylwestrowymi fajerwerkami; 9) porównania zastosowanej metody biomonitoringu z użyciem mszaków z monitoringiem przy użyciu urządzeń pomiarowych dla oceny skuteczności akumulacji badanych pierwiastków chemicznych.

Jak widać z przytoczonej przeze mnie ogólnej tematyki poszczególnych prac Pana mgra Pawła Świsłowskiego widać, że doktorant w swoich badaniach skupiał się zarówno na mechanizmach akumulacji, czynnikach środowiskowych, jak i na praktycznym zastosowaniu metody transpozycji prób mszaków z terenów czystych do procesu biomonitoringu środowiskowego.

Po dogłębnej analizie przedłożonej dysertacji, stwierdzam, że Pan mgr Paweł Świsłowski wykazał się wielką pomysłowością i wiedzą w planowanych badaniach oraz w



trakcie ich realizacji. W dysertacji widać ogrom wykonanej pracy młodego naukowca, w tym dociekliwość i spostrzegawczość. Jednocześnie zrealizowany zakres badań oraz ich bardzo szybkie opublikowanie świadczą o jego dokładności, wytrwałości oraz nabyciu umiejętności sprawnego publikowania swoich osiągnięć.

Ponieważ prezentowane w autoreferacie badania zostały już opublikowane, mało istotne będą moje redakcyjne uwagi do samego tekstu, których i tak mam bardzo mało, bo cała praca jest zredagowana bardzo starannie, jednak w toku recenzji nasunęło mnie się kilka pytań natury merytorycznej i do nich się teraz odniosę, a do których chciałbym wrócić w trakcie obrony doktorskiej.

W autoreferacie brakuje wyjaśnienia w formie opisu kilku pojęć jakie stosuje doktorant tj.: aktywny biomonitoring; anality; biokoncentracja; kinetyka sorpcji jonów; identyfikacja głównych grup funkcyjnych obecnych w tkankach mchów; kryptobioza.

Dodatkowo wyjaśnienia wymaga stosowane przez doktoranta określenie „metale ciężkie” jako obecnie mało precyzyjne i w klasycznym ujęciu rozdzielone na trzy grupy nazywane „heavy metals and the essential and trace elements, including heavy metals”, czyli „metale ciężkie oraz pierwiastki niezbędne i śladowe, w tym metale ciężkie”. W takim najnowszym ujęciu przyjętym przez naukowców, już jakiś czas temu, pojęcie metali ciężkich odnosi się tylko do każdego metalicznego pierwiastka chemicznego, który ma stosunkowo wysoką gęstość i jest toksyczny lub trujący w niskich stężeniach. Przykłady metali ciężkich obejmują rtęć (Hg), kadm (Cd), arsen (As), chrom (Cr), tal (Tl) i ołów (Pb). Metale ciężkie są naturalnymi składnikami skorupy ziemskiej. W niewielkim stopniu dostają się do naszego organizmu poprzez żywność, wodę pitną i powietrze.

Pozostałe pierwiastki metaliczne określamy mianem niezbędnych (essential) i należą do nich: potas K, wapń Ca, magnez Mg, żelazo Fe, mangan Mn, cynk Zn, miedź Cu, molibden Mo i nikiel Ni. Wśród nich są pierwiastki śladowe (trace) (miedź Cu, selen Se, cynk Zn, nikiel Ni, molibden Mo), które są niezbędne do utrzymania metabolizmu ludzkiego organizmu, jednak w wyższych stężeniach mogą prowadzić do zatrucia. Dlatego też te ostatnie zaliczane są przez niektórych badaczy nadal do metali ciężkich. Zarówno metale ciężkie toksyczne w niskich stężeniach jak i w wysokich mają tendencję do bioakumulacji. Bioakumulacja oznacza wzrost stężenia substancji chemicznej w organizmie biologicznym w czasie, w porównaniu do stężenia substancji chemicznej w środowisku. Związki gromadzą się w organizmach żywych za każdym razem, gdy są pobierane i przechowywane szybciej niż są rozkładane (metabolizowane) lub wydalane.

Oczywiście przytoczony wywód nie jest zarzutem do prezentowanych przez doktoranta badań i nie umniejsza ich wartości, ale jest raczej sugestią dla zastosowania nowej klasyfikacji w przyszłości.

Moim zdaniem doktorant za bardzo krytycznie odniósł się do jakości wiedzy na temat biomonitoringu z użyciem mszaków. Faktycznie mogę się zgodzić co do ogromnej potrzeby przeprowadzenia badań dotyczących rozmieszczenia w trakcie akumulacji pierwiastków w strukturach tkankowych lub komórkowych mszaków, jednak będę polemizował ze stawianą tezą, że są problemy z ujednoczeniem protokołu zastosowania mszaków w biomonitoringu. To, że istnieje wiele metod, które z powodzeniem stosowane są od kilkudziesięciu lat, świadczy nie o niewystarczającej ilości badań w tej materii, ale raczej o różnorodnym podejściu do badań w aspekcie pracy z żywym organizmem. Każda metoda była wielokrotnie testowana przez różnych badaczy, jedne są lepsze drugie gorsze, jednak często stosowanie konkretnej wynika z samej lokalizacji, uwarunkowań klimatycznych, środowiskowych i antropogenicznych. Przykładem może być tutaj metoda płukania lub nie mszaków przed ich ekspozycją. Z badań opublikowanych przez doktoranta w pracy drugiej wynika, że lepsze wyniki daje płukanie mszaków, co zostało udowodnione statystycznie przez autora. Mam pytanie co do wyjaśnienia tego wyniku w aspekcie biologicznym albo chemicznym?

W publikacji piątej autor stawia bardzo śmiały i ważny wniosek co do niskiej zdrowotności stosowania urządzeń do podgrzewania tytoniu. Doktorant stwierdził, że dym z takich urządzeń powoduje większą akumulację badanych szkodliwych pierwiastków niż dym z palonych klasycznie papierosów. Ponieważ wynik ten dotyczy zdrowia ludzi prosiłbym o jego rozwinięcie. Czy np. planowane jest powtórzenie takich badań w szerszej próbie.

#### **Ocena końcowa rozprawy doktorskiej**

Podsumowując oceniana praca doktorska dostarcza wiele cennych informacji dotyczących mechanistycznego zrozumienia procesu akumulacji badanych pierwiastków w tym metali ciężkich przez trzy gatunki wybranych mchów: *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt., *Sphagnum fallax* (Klinggr.) Klinggr. i *Dicranum polysetum* Sw. w celu oceny możliwości ich wykorzystania w aktywnym biomonitoringu zanieczyszczenia powietrza na terenach zurbanizowanych tym samym prezentuje ona oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, jak również wyraźnie pokazuje realne możliwości zastosowania prezentowanych wyników badań naukowych w sferze gospodarczej lub społecznej. Niniejszą pracę oceniam wysoko. Rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez Pana mgra Pawła Świsłowskiego. Tym

samym stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska **Pana mgra Pawła Świsłowskiego**,  
**pt. „Zastosowaniem mchów w biomonitoringu aktywnym na terenach zurbanizowanych.”**  
wykonanej w Instytucie Biologii, pod kierunkiem prof. dr hab. Arkadiusza Nowaka oraz dr hab.  
Małgorzaty Rajfur, prof. UO spełnia warunki określone w art. 187 ust. 1-2 ustawy Prawo o  
szkolnictwie wyższym i nauce.

