



Instytut Botaniki im. W. Szafera
Polskiej Akademii Nauk
ul. Lubicz 46, 31-512 Kraków
tel. 12 421-51-44; fax 12 421-97-90
WWW: <http://www.botany.pl> [tam również adresy e-mail]

Prof. dr hab. Barbara Godzik
Zakład Ekologii

Kraków, 2019.07.15.

OCENA

rozprawy doktorskiej mgr. Macieja Musiała pt. „Wpływ opadów atmosferycznych na biogeochemię *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. i *Hypnum cupressiforme* Hedw. spod okapu *Picea abies* (L.) i *Betula pendula* Roth”

Promotor: prof. dr hab. Aleksandra Samecka-Cymerman

Mchy należą do najczęściej stosowanych biowskaźników dla oceny stopnia obciążenia środowiska metalami ciężkimi, związkami organicznymi (np. WWA) oraz azotem. Pospolite gatunki, jak *Pleurozium schreberi* czy *Hypnum cupressiforme* są wykorzystywane w europejskim programie długofalowego monitoringu obciążenia środowiska metalami ciężkimi wykonywanym raz na 5 lat w wielu krajach europejskich. Badania te prowadzone są w Europie ramach UNCE ICP-Vegetation (VGE – Working Group on Effects of the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution). Żeby można było zastosować organizmy żywe do oceny aktualnego stanu zanieczyszczenia i trendów zmian w czasie poziomu metali czy różnych związków chemicznych, to muszą one (biowskaźniki) spełniać określone warunki, ale też ich zbiór bezpośrednio w terenie do tych celów podlega specjalnym procedurom. Między innymi zbiór mchów leśnych dokonywany jest w prześwietleniach (np. na polanach), gdzie dopływ zanieczyszczeń z suchym i mokrym opadem nie jest podwyższony poprzez wymywanie zanieczyszczeń z aparatów asymilacyjnych drzew. Rozprawa doktorska mgr Maciej Musiała ma więc charakter bardziej metodyczny. Celem było sprawdzenie, jaki wpływ ilościowy i jakościowy na poziom metali w tkankach dwóch gatunków mchów ma skład podokapowych opadów atmosferycznych.

Rozprawa doktorska Pana mgr. Macieja Musiała została przygotowana w zespole kierowanym przez prof. Aleksandrę Samecką-Cymerman, w którym od lat prowadzi się badania nad składem chemicznym roślin w warunkach antropopresji, jak też realizuje

projekty polegające na śledzeniu zmian poziomu zanieczyszczeń przy pomocy biowskaźników.

Ocena formalna

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska jest manuskrytem składającym się z 8 różnej objętości rozdziałów. Na końcu zamieszczona jest *Bibliografia* obejmująca 171 cytowanych z literatury pozycji, *Aneks* zawierający 10 rycin i 15 tabel ilustrujących wyniki badań oraz *Streszczenie* w języku polskim i angielskim. Tytuł rozprawy zawiera mały błąd: zapis autorów opisu świerka pospolitego to: *Picea abies* (L.) H.Karst.

Rozprawa ma klasyczny układ, gdzie *Wstęp* jest dwustronicowy, po nim zamieszczony jest rozdział *Fizjografia terenu badań* (11 stron), w którym opisano geologię wraz z rzeźbą terenu, gleby i klimat obszaru, gdzie prowadzono badania, a następnie scharakteryzowano 7 wybranych do badań stanowisk. W kolejnym rozdziale (*Informacje o biologii i ekologii badanych gatunków*) podano szczegółowe informacje o 4 gatunkach podlegających badaniom, w tym dwóch gatunkach drzew (*Betula pendula*, *Picea abies*) i dwóch gatunkach mchów (*Pleurozium schreberii* i *Hypnum cupressiforme*). Następny rozdział podaje metodykę poboru prób, zastosowanych analiz chemicznych wód, gleb i roślin oraz analiz statystycznych (5 stron). Rozdział *Wyniki* jest krótki, opisano je na 6 stronach, ale pamiętać należy o rycinach i tabelach ilustrujących wyniki własnych badań zamieszczonych w *Aneksie*, co nieco utrudnia szybką konfrontację tekstu z danymi liczbowymi i statystycznymi. Część podstawowa – *Dyskusja* – jest 11 stronicowym odniesieniem własnych wyników do danych z literatury. W rozdziałach 4–6 przyjęto przejrzysty układ opisowy, gdzie najpierw przytacza się wyniki dla wód, potem gleb, a następnie drzew i mchów. Taki konsekwentny podział z pewnością pomaga w percepcji pracy.

Do oceny formalnej, poza samym układem pracy, który jest prawidłowy, chciałabym nieco szerzej odnieść się do rozdziału *Bibliografia*. Został on nieuważnie przygotowany, ponieważ już na pierwszych 20 stronach tekstu (*Wstęp*, *Fizjografia terenu badań*) widoczne są różnice między cytowanymi pozycjami i ich brakiem w spisie literatury. Są to m. in.: Rühling i Tyler 1968 (str. 5), Kosior i in. 2010 (str. 5), Badura i in. 2005 (str. 8), Przybylski 2005 (str. 8), Bogda i in. 2005 (str. 9, 10), Kondracki 2009 (str. 11, 13, 14, 16, 19), Migoń 2005 (str. 13, 14, 16, 19), Szczeńiak 2005 (str. 14, 17, 19) i in. W spisie literatury zastosowano różne formy cytowania roku wydania danej pozycji (w większości prawidłowo po autorach, ale albo po przecinku, albo w nawiasach, np. str. 53). Powinny też być przyjęty jednolity zapis czasopism, tj. konsekwentnie pełna nazwa lub skrót. Jest to różne, np. Environ Pollut (str. 53, prawidłowy skrót to Environm. Pollut.), w innych miejscach Environmental

Pollution (np. str. 55). Są błędy w zapisie nazwisk, jak np. Humbuckers (str. 5) i Hambuckers (str. 6), czy Spuka (str. 6) zamiast Supuka; w jednym zdaniu nazwisko autora jest odmieniane (np. Steinessa), ale Hambuckers i Remacle oraz Małek i Astel (str. 6) już nie. Błędy związane są też z cytowaniem np. Raportów o stanie środowiska. W tekście pojawiają się różne formy: Raport (np. str. 11, 16, 19), Raport WIOŚ (np. str. 17) lub Ocena (str. 13, 14). Cytowany Raport 2004 (str. 16/17) nie ma odniesienia w *Bibliografii*. Zazwyczaj skrót „i in.” Stosowany jest od co najmniej 3 autorów. Karczewska i in. 2010 (str. 13) ma tylko dwóch (*Bibliografia*, str. 56). Należy również ujednoczyć cytowanie stron (np. długa czy krótka kreska rozdzielająca, podawanie stron w przypadku pozycji zwartych, etc.). Sporo jest również literówek i błędów interpunkcyjnych.

Powyższe uwagi mają charakter jedynie porządkujący i powinny być wzięte pod uwagę przy ewentualnym publikowaniu wyników badań w czasopiśmie naukowym.

Ocena merytoryczna

Tytuł rozprawy doktorskiej mgr. Macieja Musiała niezupełnie oddaje jej zawartość. Dla celów publikacyjnych być może lepiej byłoby sformułować go następująco: Wpływ chemizmu opadów podkoronowych spod okapu *Picea abies* (L.) H. Karst i *Betula pendula* Roth na zawartość pierwiastków w *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. i *Hypnum cupressiforme* Hedw., ponieważ w istocie o ten problem chodzi w rozprawie doktorskiej mgr. M Musiała.

Rozdział *Wstęp* jest krótki, ale nakreśla problem zwiększonego dopływu pierwiastków śladowych do dna lasu, a tym samym do mchów, które wykorzystywane są do badań monitoringowych depozycji metali ciężkich w długofalowych okresach i wskazywania trendów zmian. Wykazanie, jakie są wielkości dopływów pierwiastków tą drogą do organizmów żyjących w runie jest więc istotne z tego punktu widzenia. Niestety, na końcu *Wstępu* nie ma jasno sformułowanego celu badań. Z przedstawionych hipotez badawczych można wnioskować, że podstawowym celem było sprawdzenie, jaki jest ilościowy i jakościowy wpływ chemizmu wód podokapowych na skład chemiczny rosnących pod drzewami mchów. Tym samym celami szczegółowymi było: 1. Określenie różnic w chemizmie wód opadowych przenikających przez korony dwóch gatunków różniących się budową aparatu asymilacyjnego, 2. Określenie różnic w akumulacji pierwiastków śladowych przez dwa gatunki mchów, 3. Określenie, jaki wpływ ma chemizm wód podokapowych na zdolności bioindykacyjne dwóch stosowanych w monitoringu gatunków mchów. Postawione hipotezy badawcze są jasne i były linią przewodnią poprzez podstawowe rozdziały rozprawy (*Metodyka badań, Wyniki, Dyskusja*).

Rozdział *Fizjografia terenu badań* jest zbyt szeroko potraktowany. Zazwyczaj w części dotyczącej charakterystyki terenu, w którym prowadzono badania, ogranicza się do podstawowych lub też dość szczegółowych danych, ale związanych bezpośrednio z celem badań. Tytuł rozdziału już sugeruje znacznie szerszy zakres. Wydaje się, że było to niepotrzebne, ponieważ rzeźba terenu czy geologia nie miały bezpośredniego przełożenia na wyniki badań. W podrozdziale *Opis stanowisk* zabrakło mi ogólniejszego wstępu, w którym Doktorant nakreśliłby, jaki był schemat wyboru stanowisk badań i pogrupował je według np. stanu obciążenia antropogenicznego. Do badań wybrano 7 stanowisk zróżnicowanych pod względem poziomu zanieczyszczenia, tj. Wrocław (Park Krajobrazowy Dolina Bystrzycy, napływ zanieczyszczeń z miasta), Legnica (napływ zanieczyszczeń z KGHM), Autostrada A4 (zanieczyszczenia komunikacyjne), Sobótka (stanowisko o niskim poziomie zanieczyszczenia), Stoszyce (stanowisko o niskim poziomie zanieczyszczenia), Janików (napływ zanieczyszczeń z Huty „Boryszew”) oraz VII Bogatynia (napływ zanieczyszczeń z kopalni węgla brunatnego i Elektrowni „Turów” po stronie polskiej oraz z Niemiec i Czech z podobnych zakładów przemysłowych). Stanowiska są zróżnicowane pod względem składu chemicznego i poziomu dopływających zanieczyszczeń. Taki schemat daje szerokie tło do dalszej dyskusji dotyczącej wpływu opadów na skład chemiczny mchów. Wybór stanowisk można uznać za właściwy dla rejonu Dolnego Śląska, a dwa z nich należy przyjąć za kontrolne w stosunku do poprzednich.

Kolejny rozdział zatytułowany *Informacje o biologii i ekologii badanych gatunków* zawiera wyczerpujące opisy przygotowane osobno dla dwóch gatunków drzew (świerk pospolity i brzoza brodawkowata) wybranych do badań, a następnie dwóch gatunków mchów (rokieta pospolity i rokieta cyprysowata). Zabrakło mi tutaj odniesienia się do budowy aparatu asymilacyjnego wybranych gatunków drzew, jak np. pokrycia woskami bądź nie, co ma wpływ na wymywanie pierwiastków z tkanek, a także na osadzanie się zanieczyszczeń z suchego opadu), a tym samym wpływa na skład chemiczny opadów podkoronowych. Proszę o odpowiedź, czym kierował się Doktorant przy wyborze gatunków drzew do badań składu chemicznego opadów podkoronowych?

W rozdziale *Metodyka badań* opisano szczegółowo metodę pozyskiwania próbek wody i postępowania przed ich analizami chemicznymi. Próby były zabezpieczane przed rozwojem mikroorganizmów, które mogłyby wpływać na odczyn wód. Analizy chemiczne wód, gleb i roślin zostały przeprowadzone standardowymi metodami. Zawartość metali określono spektrofotometrycznie, wszystkie analizy wykonano w dwóch powtórzeniach, co można uznać za wystarczające. Proszę o uszczegółowienie, czy do analiz materiałów (poza mchami)

stosowano materiały referencyjne? Przyjęte metody statystyczne do opracowania własnych wyników są prawidłowe.

Rozdział *Wyniki*. Wyniki analiz dotyczących chemizmu wód opadowych, odczynu i zanieczyszczenia pierwiastkami śladowymi gleb, jak też zawartości pierwiastków w liściach obu gatunków drzew, które były przedmiotem badań, zostały przedstawione mocno skrótowo. Jedynie nieco szerzej omówiono skład chemiczny mchów, które zbierane były spod okapu drzew i na terenie otwartym. Tekst uzupełniają jednak ryciny i zestawienia tabelaryczne otrzymanych wyników wraz z wyliczonymi statystykami. Porównywano skład chemiczny wód opadowych przenikających poprzez korony drzew między terenami bardziej i mniej obciążonymi zanieczyszczeniami, między wodami podokapowymi a terenem otwartym, między dwoma gatunkami drzew (świerk i brzoza). Stwierdzono szereg istotnych statystycznie zależności w składzie chemicznym wód. Na podstawie analiz wód opadowych określono również, że do najbardziej zanieczyszczonych stanowisk należy punkt III usytuowany blisko autostrady A4 (najwyższe stężenia Cd, Cr, Cu i Pb), stanowisko I – Wrocław – charakteryzuje się najwyższymi stężeniami Co, a stanowisko II Legnica najwyższymi stężeniami Ni w wodach opadowych. Analizy gleb również wskazywały na różnice między stanowiskami bardziej i mniej obciążonych zanieczyszczeniami, poziom części pierwiastków śladowych różnił się pod okapem drzew a terenem otwartym. Analizy składu chemicznego gleb potwierdzały, że stanowiska III (autostrada A4) i II (Legnica) należą do najbardziej zanieczyszczonych. Przeprowadzone analizy zawartości pierwiastków w liściach brzozy i igłach świerka wskazują na statystyczne różnice między próbkami pochodzącymi z terenów bardziej i mniej obciążonych zanieczyszczeniami, potwierdzają też, że stanowisko III (autostrada A4) jest najbardziej zanieczyszczonym pierwiastkami śladowymi. Analizy wartości współczynników wymywania i retencji wykazały, że we wszystkich stanowiskach następuje wzbogacanie opadu podkoronowego w analizowane pierwiastki śladowe. Przeprowadzono również porównania statystyczne dla zawartości pierwiastków śladowych w obu gatunkach mchów. I w tym przypadku wykazano szereg istotnych zależności. Do najciekawszych należą wyliczone równania regresji, dzięki którym wykazano dodatnie zależności między zawartością Cu i Mn w wodach opadowych i tkankami mchów.

Rozdział *Dyskusja* należy do najciekawszych części rozprawy doktorskiej mgr M. Musiała. Konsekwentnie odniesiono własne wyniki z zakresu chemizmu wód opadowych, potem gleb, składu chemicznego liści i igieł badanych gatunków i na końcu powiązano te wyniki ze stężeniami pierwiastków śladowych w mchach. Krytycznie ustosunkowano się

zarówno do podobieństw, jak i wykazano niezgodności z danymi publikowanymi przez innych autorów. Scharakteryzowano źródła dopływu pierwiastków śladowych do ekosystemów wraz z opadami, a potem ich kumulacji w aparacie asymilacyjnym, glebach i określono, jakie procesy wpływają na poziom metali w tkankach mchów. Odniesiono się też do problemu wymywania pierwiastków z liści i igieł, co ma wpływ na wzbogacenie wód podkoronowych w pierwiastki śladowe i makroelementy. W pracy zamieszczono tylko wzorce pobierania pierwiastków dla manganu i miedzi dla obu gatunków drzew. Jakże były wzorce dla pozostałych metali? Zastrzeżenie moje budzi tylko porównanie składu chemicznego opadów bezpośrednich do norm dla wód powierzchniowych. Brak jest oczywiście norm dla chemizmu opadów atmosferycznych, ale istnieje wiele danych, także z obszaru Polski, dotyczących ich składu (jak np. dane z monitoringu zintegrowanego wykonywanego w Polsce, oparte na krążeniu wód w tzw. małych zlewniach). Taki porównanie zastosowano dla liści i igieł, gdzie dane własne konfrontowano z wartościami „typowymi” dla badanych gatunków. Podrozdział dotyczący gleb właściwie nie powinien istnieć w rozdziale *Dyskusja*, ponieważ w rozprawie doktorskiej mgr M. Musiała dane te służą tylko do charakterystyki stanowisk. Nie należy też w tym rozdziale powoływać się na tabele z wynikami własnymi.

Na końcu praca doktorska zawiera również krótkie, półstronicowe streszczenie w języku polskim i angielskim, w którym przedstawiono hasłowo główne osiągnięcia przeprowadzonych badań. Wszystkie części popiera spory zbiór cytowanych pozycji z literatury, dobranych pod kątem prowadzonych badań własnych, co wskazuje na dobrą znajomość tematyki, którą zajmował się doktorant. Wykorzystano dostępną literaturę związaną z poziomem zanieczyszczenia regionu, w którym prowadzono badania. Zabrakło mi tutaj tych pozycji, które bezpośrednio nawiązują do składu chemicznego opadów krążących w ekosystemie (wspomniane powyżej badania w tzw. małych zlewniach).

Do najważniejszych osiągnięć doktoranta należy zaliczyć: (1) wykazanie istotnych różnic w stężeniach pierwiastków w wodach spod okapu dwóch gatunków drzew, przy braku różnic w chemizmie opadów bezpośrednich, (2) wykazanie różnic w poziomie akumulacji metali w liściach brzozy i igłach świerka w zależności od poziomu zanieczyszczenia środowiska w danym stanowisku; (3) wykazanie istotnych różnic w poziomie akumulacji pierwiastków śladowych przez dwa badane gatunki mchów i korelacje ze składem chemicznym wód podokapowych spod dwóch różnych gatunków drzew.

W podsumowaniu stwierdzam, że praca doktorska mgr. Macieja Musiała pt. „Wpływ opadów atmosferycznych na biogeochemię *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. i *Hypnum cupressiforme* Hedw. spod okapu *Picea abies* (L.) i *Betula pendula* Roth” stanowi (1) spójne tematycznie, oryginalne rozwiązanie problemu naukowego oraz wykazuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej, (2) praca jest wykonana poprawnie pod względem metodycznym, (3) wnosi oryginalne i nowe dla nauki wyniki, (4) doktorant wykazał się bardzo dobrą znajomością literatury, jak też umiejętnością krytycznej interpretacji otrzymanych wyników. Rozprawa doktorska mgr. Macieja Musiała spełnia zatem wymagania stawiane dysertacjom doktorskim wynikające z Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65 poz. 595, z późniejszymi zmianami) i w związku z powyższym wnoszę do Rady Wydziału Nauk Biologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego o dopuszczenie Go do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

