

Abstract

Progressive climate change, human industrial activity (including the burning of fossil fuels), as well as ongoing industrialization are causing pollution of all environmental components through the emission of many harmful compounds including fluorine. This element is ranked fifth in the hierarchy of environmental poisons and is characterized by high toxicity. Until now, fluorine has not been shown to have a positive effect on plants, on the contrary, it causes many negative effects including symptoms of phytotoxicity. At the cellular level, this compound is responsible for the induction of oxidative stress, DNA and protein degradation, lipid peroxidation and inhibition of many enzymes resulting in up to 50% reduction in agricultural. Therefore, it is critical and important to develop effective methods to increase plant resistance to fluoride toxicity. Breeding plants that are resistant to a given stress is a very effective but unfortunately long-lasting method, so it is necessary to develop methods that will quickly contribute to leveling or mitigating toxic effects in plants. The exogenous use of naturally occurring compounds in plants that have antioxidant properties seems to be an effective way to increase plants resistance. Such substances include L-ascorbic acid (vitamin C), which is one of the most effective antioxidants widely distributed in plant cells. It is a cofactor of many enzymes and has the ability of reversible oxidation and reduction, thus maintaining the normal redox state of the cell.

The main objectives of the study were to select the appropriate dose and form of application of L-ascorbic acid which most effectively reduces fluoride stress. These objectives were achieved during 4 stages of research: two in vitro experiments (stages I and II) and two vase experiments (stages III and IV).

In stage I of the study, the response of 10 plant species to stress induced by 10 mM NaF was evaluated based on the following measurements: biometric, physiological and biochemical. One of the most sensitive plants was wheat therefore it was selected for the next stages of the study.

Stage II was run to evaluating the effects of mitigating stress induced by 10 and 20 mM NaF by applying three concentrations of L-ascorbic acid 0.5 mM, 1 mM and 2 mM based on measurements: biometric, physiological and biochemical. The results showed that concentrations of 1 and 2 mM Asc most effectively offset the stress induced by 10 and 20 mM NaF.

During stage III of the study, the exogenous (soil) effect of 1 mM and 2 mM L-ascorbic acid, on stress induced by 25 and 50 mM NaF in a pot experiment, was evaluated.

On 3 dates, the effects of the above-mentioned factors on physiological and biochemical parameters in the plant were measured, while enzyme activities of dehydrogenases and phosphatases were determined in the soil. The results showed that L-ascorbic acid applied in two concentrations alleviated the stress caused by the presence of fluoride salts in the plant and soil.

The final IV stage of the study focused on selecting the most effective form of application of 0.5 mM L-ascorbic acid under stress induced by 50 mM NaF. Sampling for testing took place at the following developmental stages of wheat: third leaf, tillering, stem shooting and earing. The degree of fluoride-induced stress alleviation was evaluated based on measurements of physiological and biochemical parameters. The results showed that the applied forms of ascorbic acid effectively offset the toxicity induced by 50 mM NaF, and watering was considered the most effective form of Asc application.

Keywords: environmental pollution, fluoride, L-ascorbic acid, oxidative stress

30.05.2023
Justyna Pelc

Streszczenie

Postępujące zmiany klimatu, działalność przemysłowa człowieka (w tym spalanie paliw kopalnych), jak również postępująca industrializacja, powodują zanieczyszczenie wszystkich komponentów środowiska poprzez emisję wielu szkodliwych związków, w tym fluoru. Pierwiastek ten, w hierarchii trucizn środowiskowych, klasyfikowany jest na piątym miejscu i charakteryzuje się wysoką toksycznością. Dotychczas nie wykazano pozytywnego wpływu fluoru na rośliny, wręcz przeciwnie zaobserwowano wiele negatywnych efektów z objawami fitotoksyczności włącznie. Na poziomie komórkowym związek ten odpowiedzialny jest za indukowanie stresu oksydacyjnego, degradację DNA i białek, peroksydację lipidów oraz inhibicję wielu enzymów, co skutkuje redukcją plonów rolnych dochodzącą nawet do ponad 50%. W związku z tym, niezwykle ważne i kluczowe jest opracowanie skutecznych metod zwiększających odporność roślin na toksyczność fluoru. Hodowla roślin odpornych na dany czynnik stresowy jest metodą bardzo efektywną niestety długotrwałą, konieczne jest więc opracowanie metod, które w sposób szybki przyczynią się do niwelowania bądź łagodzenia efektów toksycznych u roślin. Egzogenne wykorzystanie związków naturalnie występujących w roślinach, mających właściwości antyoksydacyjne, wydaje się skutecznym sposobem zwiększenia odporności roślin. Do takich substancji zaliczamy między innymi kwas L-askorbinowy (wit. C), który jest jednym z najbardziej efektywnych antyoksydantów, szeroko rozpowszechnionych w komórkach roślinnych. Jest kofaktorem wielu enzymów oraz posiada zdolność odwracalnego utleniania i redukcji, dzięki czemu utrzymuje prawidłowy stan redoks komórki.

Głównymi celami określonymi w pracy były wybranie odpowiedniej dawki i formy aplikacji kwasu L-askorbinowego najefektywniej niwelujących stres fluorkowy. Niniejsze cele zrealizowano podczas 4 etapów badań: dwa doświadczenia *in vitro* (etap I i II) i dwa doświadczenia wazonowe (etap III i IV).

W etapie I badań dokonano oceny reakcji 10 gatunków roślin na stres wywołany 10 mM NaF na podstawie pomiarów: biometrycznych, fizjologicznych i biochemicznych. Jedną z najbardziej wrażliwych roślin była pszenica, dlatego też to ją wybrano do kolejnych etapów badań.

Etap II dotyczył oceny łagodzenia stresu wywołanego przez 10 i 20 mM NaF poprzez zastosowanie trzech stężeń kwasu L-askorbinowego: 0,5 mM, 1 mM i 2 mM, na podstawie pomiarów: biometrycznych, fizjologicznych i biochemicznych. Uzyskane wyniki wykazały, że

stężenia 1 i 2 mM Asc najefektywniej niwelują stres wywołany 10 i 20 mM NaF

Podczas III etapu badań oceniono egzogenny (dogłębowy) wpływ 1 mM i 2 mM kwasu L-askorbinowego, na stres wywołany 25 i 50 mM NaF w doświadczeniu wazonowym. W trzech terminach badań, dokonano oceny wpływu wyżej wymienionych czynników na parametry fizjologicznych oraz biochemicznych w roślinie, natomiast w glebie oznaczono aktywność enzymów: dehydrogenaz i fosfataz. Uzyskane wyniki wykazały, że kwas L-askorbinowy zastosowany w dwóch stężeniach łagodzi stres wywołany obecnością soli fluoru w roślinie, natomiast w glebie pogłębia nieznacznie stres.

W ostatnim IV etapie badań skupiono się na wybraniu najefektywniejszej formy aplikacji 0,5 mM kwasu L-askorbinowego, przy stresie wywołanym 50 mM NaF. Podczas tego doświadczenia badano wpływ trzech form aplikacji 0,5 mM kwasu L-askorbinowego (moczenia nasion, oprysku i podlewania) na stopień niwelowania toksyczności wywołanej obecnością 50 mM NaF w glebie. Wprowadzane 0,5 mM kwasu L-askorbinowego w postaci podlewania jak i dolistnego oprysku odbywało się cyklicznie w odstępach czasowych. Pobór próbek do badań odbywał się w następujących fazach rozwojowych pszenicy: trzeciego liścia, krzewienia, strzelania w źdźbło oraz kłoszenia. Ocenę stopnia łagodzenia stresu wywołanego fluorem wykonano na podstawie pomiarów: fizjologicznych i biochemicznych. Uzyskane wyniki wykazały, że zastosowane formy aplikacji kwasu askorbinowego skutecznie niwelują toksyczność wywołaną 50 mM NaF, a za najefektywniejszą formę aplikacji uznano podlewanie.

Słowa kluczowe: zanieczyszczenie środowiska, fluor, kwas L-askorbinowy, stres oksydacyjny

30.05.2023
Justyna Pelc

dr hab. Robert Biczak, prof. UJD

Częstochowa, dn. 31.08.2023 r.

Uniwersytet Jana Długosza w Częstochowie

Wydział Nauk Ścisłych, Przyrodniczych i Technicznych

Katedra Biochemii, Biotechnologii i Ekotoksykologii

Al. Armii Krajowej 13/15

42-200 Częstochowa

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Justyny Pelc

pt.: **Zastosowanie kwasu askorbinowego celem ograniczenia toksyczności związków fluoru w glebie i w roślinie**

Recenzja została przygotowana w odpowiedzi na pismo Pani dr hab. inż. Joanny Podlasińskiej, prof. ZUT, Przewodniczącej Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka, Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Przesłana do oceny rozprawa doktorska mgr inż. Justyny Pelc została wykonana na Wydziale Kształtowania Środowiska i Rolnictwa Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Promotorem rozprawy jest Pani dr hab. inż. Beata Smolik, prof. ZUT, zatrudniona w Katedrze Bioinżynierii tegoż wydziału, a Promotorem pomocniczym Pani dr inż. Martyna Śnioszek.

Oceniana rozprawa doktorska dotyczy bardzo interesujących i ważnych naukowo zagadnień związanych z możliwością zanieczyszczenia środowiska przez szkodliwe związki fluoru. Pierwiastek ten jest sklasyfikowany na piątym miejscu w hierarchii trucizn środowiskowych, ponieważ charakteryzuje się wysoką toksycznością. Takie oddziaływanie dotyczy głównie roślin, a większość prac naukowych traktujących o oddziaływaniu związków fluoru na rośliny dowodzi ich wysokiej fitotoksyczności. Negatywne oddziaływanie fluoru na rośliny związane jest z indukowaniem stresu oksydacyjnego w komórkach tych organizmów, co z kolei powoduje degradację kwasów nukleinowych, białek, czy peroksydację lipidów. Jeżeli dochodzi również do degradacji i obniżenia się zawartości barwników fotosyntetycznych to następuje wówczas obniżenie produkcji pierwotnej, a obserwowane spadki plonów roślin uprawnych sięgają niekiedy 50%. W związku z powyższym niezwykle ważne jest

poszukiwanie i opracowanie takich metod, które skutecznie ograniczą toksyczne oddziaływanie związków fluoru na rośliny np. poprzez zwiększenie ich odporności. Bardzo skuteczną metodą jest np. hodowla odmian roślin charakteryzujących się zwiększoną odpornością na fluor, jednak jest to metoda długotrwała. Dlatego trwają poszukiwania innych metod zaradczych, które w sposób szybki będą niwelować bądź ograniczać negatywne skutki obecności związków fluoru w środowisku glebowym, w którym uprawiane są rośliny. Jedną z takich metod, charakteryzującą się wysokim potencjałem praktycznym, polega na egzogennym wykorzystaniu związków naturalnie występujących w roślinach o wysokim potencjale antyoksydacyjnym. Do takich substancji można zaliczyć kwas askorbinowy, który jest jednym z najbardziej efektywnych antyutleniaczy, dlatego egzogenne stosowanie kwasu askorbinowego może być prostym, a jednocześnie wydajnym sposobem radzenia ze szkodliwością związków fluoru dla roślin. Na chwilę obecną w literaturze naukowej brak jest informacji na temat wykorzystania antyoksydacyjnych właściwości kwasu L-askorbinowego w zapobieganiu, bądź ograniczaniu fitotoksyczności fluoru.

W te trendy wpisuje się rozprawa doktorska Pani mgr inż. Justyny Pelc. Podjęte i zrealizowane przez Doktorantkę badania, których celem było określenie odpowiedniej dawki i formy aplikacji kwasu L-askorbinowego, która w sposób jak najbardziej efektywny ograniczy wielkość tzw. stresu fluorkowego u pszenicy, uważam za niezwykle aktualne i ważne naukowo, głównie w aspekcie możliwości wykorzystania rolniczego gleb zanieczyszczonych związkami fluoru.

Formalna ocena rozprawy doktorskiej

Rozprawa doktorska Pani mgr inż. Justyny Pelc pt. „Zastosowanie kwasu askorbinowego celem ograniczenia toksyczności związków fluoru w glebie i w roślinie” została przygotowana w oparciu o oryginalne wyniki badań własnych. Rozprawa liczy 129 ponumerowanych stron i zgodnie z klasycznym układem prac doktorskich została podzielona na 10 głównych części. Są to: Streszczenie, Abstract, Wstęp, Cel i zakres badań, Przegląd literatury, Materiał i metody, Wyniki, Dyskusja, Wnioski i Bibliografia. Wykorzystana przy pisaniu pracy doktorskiej literatura obejmuje 189 pozycji, z czego 159 to pozycje anglojęzyczne. Jestem głęboko przekonany, że tak obszerna i profesjonalnie dobrana literatura na pewno była bardzo pomocna w napisaniu rozdziału – Przegląd literatury oraz w przygotowaniu prawidłowej i rzetelnej dyskusji wyników badań własnych Doktorantki. Praca doktorska zawiera 38 tabel i 11 rysunków prezentujących opracowane statystycznie

wyniki badań. Praca napisana jest językiem prostym, w miarę poprawnym stylistycznie, co bardzo ułatwia czytelnikowi zapoznanie się z zawartością ocenianej dysertacji.

Merytoryczna ocena rozprawy doktorskiej

Rozpoczynając ocenę rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Justyny Pelc pod względem merytorycznym, należy na początku stwierdzić całkowitą zgodność treści pracy z jej tematem. Streszczenia pracy doktorskiej, zarówno w języku polskim, jak i angielskim, przedstawiają zaś najważniejsze informacje zawarte we wszystkich jej rozdziałach.

Kolejnym rozdziałem pracy jest Wstęp, w którym Autorka wprowadza czytelnika w problematykę podjętych badań, wskazując jak ważne znaczenie dla prawidłowej wegetacji roślin ma monitorowanie czynników biotycznych i abiotycznych, które mogą być przyczyną wystąpienia stresu oksydacyjnego. Do wyjątkowo szkodliwych substancji dla organizmów glebowych i roślin zalicza się związki fluoru, stąd konieczność poszukiwania metod niwelujących lub ograniczających toksyczne skutki występowania fluoru w środowisku. Z kolei Doktorantka precyzuje cel główny pracy: „Celem niniejszej pracy było ograniczenie toksyczności związków fluoru poprzez egzogenne zastosowanie kwasu L-askorbinowego”. Oprócz celu głównego Autorka sprecyzowała cztery cele szczegółowe, wskazujące m.in. na metody badawcze, dzięki którym powyższy cel główny został zrealizowany.

Brak jest natomiast jednoznacznie sformułowanej hipotezy badawczej.

Rozdział zatytułowany: Przegląd literatury, przygotowany i napisany w oparciu o obszerną fachową bibliografię składa się z siedmiu podrozdziałów: Naturalne i antropogeniczne źródła fluoru w środowisku, Toksyczność fluoru wobec roślin, Stres oksydacyjny wywołany fluorem oraz mechanizmy detoksykujące, Wybrane antyoksydanty enzymatyczne i nieenzymatyczne, Chlorofil a, b oraz karotenoidy – barwniki fotosyntetyczne, Prolina i dialdehyd malonowy – wskaźniki stresu oksydacyjnego oraz Aktywność enzymów glebowych – wskaźnik zanieczyszczenia gleb. W wymienionych podrozdziałach Doktorantka wymieniła i scharakteryzowała najważniejsze związki fluoru występujące w środowisku, przedstawiła mechanizm toksyczności fluoru dla roślin i skutki skażenia gleb tym pierwiastkiem oraz dokonała szczegółowej charakterystyki zagadnień związanych ze stresem oksydacyjnym. Ponadto w tej części rozprawy doktorskiej pokrótce scharakteryzowano podstawowe wskaźniki stresu oksydacyjnego oraz drobnocząsteczkowe naturalne antyoksydanty i enzymy, których zadaniem jest detoksykacja wolnych rodników tlenowych.

Realizacja założonego celu pracy doktorskiej wymagała od Autorki zaplanowania i przeprowadzenia badań. Badania zostały przeprowadzone w latach 2014-2017 i składały się

z 4 etapów. W etapie pierwszym dokonano oceny oddziaływania roztworu NaF o stężeniu 10 mM na 10 gatunków roślin: rzodkiewka zwyczajna, rzodkiew zwyczajna, jęczmień zwyczajny, żyto zwyczajne, pszenica zwyczajna, łubin wąskolistny, słonecznik zwyczajny, ogórek zwyczajny, lucerna siewna i pomidor zwyczajny. Na podstawie zmian wielkości wybranych parametrów biometrycznych, fizjologicznych i biochemicznych tj. długość siewek, długość korzeni, świeża masa, indeks kiełkowania, indeks tolerancyjności, zawartość chlorofilu i karotenoidów oraz poziom proliny, dialdehydu malonowego w 10-cio dniowych siewkach tych roślin, wyznaczono ich tolerancję na fluor i do dalszych badań wybrano jedną z roślin nietolerancyjnych – pszenicę zwyczajną odmiany „Bryza”. W etapie II określono możliwości łagodzenia stresu wywołanego zastosowaniem roztworu NaF w dwóch stężeniach 10 mM i 20 mM w 10-cio dniowych siewkach pszenicy zwyczajnej, poprzez egzogenne zastosowanie roztworów kwasu L-askorbinowego w trzech stężeniach: 0,5 mM, 1 mM i 2 mM. Reakcję siewek na zastosowane związki oceniono na podstawie pomiaru zmian wielkości tych samych parametrów, które były wykorzystane w etapie I. Etap trzeci to badania wazonowe, a analizy laboratoryjne wykonano w trzech terminach, tj. 14., 21., i 28 dniu od założenia doświadczenia. W etapie tym dokonano pomiarów fizjologicznych (zawartość chlorofilu i karotenoidów) i biochemicznych (zawartość wolnej proliny, MDA, kwasu askorbinowego oraz zmiany aktywności katalazy i peroksydazy gwajakolowej). Dodatkowo w tym etapie eksperymentu do badań wykorzystano również glebę, w której określono zmiany aktywności dehydrogenaz i fosfataz. W etapie III zastosowano jako czynnik stresogenny NaF w dwóch stężeniach: 25 mM i 50 mM, a wpływ kwasu L-askorbinowego badano dodając roztwory o stężeniu 1 mM i 2 mM. Natomiast etap IV to dwuletnie badania wazonowe, których celem było wyznaczenia najbardziej efektywnej formy aplikacji kwasu askorbinowego (moczenie nasion, oprysk roślin i podlewanie), zastosowanego w stężeniu 0,5 mM, podczas gdy fluorek sodu wykorzystano jako roztwór o stężeniu 50 mM. Badania laboratoryjne przeprowadzono w następujących fazach rozwojowych pszenicy: trzeciego liścia, krzewienia, strzelania w źdźbło i kłoszenia.

W rozdziale Materiały i metody znajduje się również szczegółowy i profesjonalny opis metodyki pobierania próbek do badań oraz opis właściwie dobranych i niebudzących żadnych zastrzeżeń merytorycznych metodyk analitycznych. Otrzymane wyniki badań poddano analizie statystycznej z wykorzystaniem programu STATISTICA 10.0. Dane z trzech pomiarów analizowano przy użyciu jednoczynnikowej analizy wariancji i testu t-studenta (etap I) oraz dwuczynnikowej analizy wariancji ANOVA (etap II, III i IV) i testu post-hoc Tukeya.

Najważniejszą częścią każdej rozprawy doktorskiej jest omówienie wyników badań i przeprowadzenie rzetelnej ich dyskusji z rezultatami uzyskanymi przez innych naukowców.

Prawidłowo zaplanowany eksperyment i starannie wykonane analizy zaskutkowały uzyskaniem wręcz olbrzymiej ilości wyników, które zostały zebrane w kilkudziesięciu tabelach oraz szczegółowo opisane na 63 stronach maszynopisu. Taki układ pozwolił na dokładne i zrozumiałe przedstawienie dużej ilości danych uzyskanych w ramach omawianego eksperymentu. Trzeba wyraźnie zaznaczyć, że analiza i interpretacja tak dużej ilości wyników na pewno nie była sprawą łatwą. Jednak i w tym przypadku należy stwierdzić, że Pani mgr inż. Justyna Pelc stanęła na wysokości zadania. Uzyskane wyniki badań wyraźnie wskazują, że zastosowane roztwory NaF charakteryzują się dużą fitotoksycznością dla pszenicy zwyczajnej oraz prowadzą do wystąpienia u tej rośliny jednoliściennej stresu oksydacyjnego. Szczególną wartość naukową mają jednak dane, dzięki którym Autorka udowodniła, że egzogenne zastosowanie naturalnego antyoksydanta jakim jest kwas L-askorbinowy może niwelować lub ograniczać nie tylko fitotoksyczność związków fluoru, ale również łagodzić skutki stresu oksydacyjnego. Nie bez znaczenia jest tutaj forma aplikacji kwasu L-askorbinowego, a z zastosowanych najefektywniejszą okazało się być podlewanie.

Po dogłębnej analizie treści rozdziału Dyskusja stwierdzam ponadto, że uzyskane wyniki badań własnych zostały przez Panią mgr inż. Justynę Pelc poddane bardzo wyczerpującej dyskusji z rezultatami uzyskanymi przez innych autorów.

Osiągnięte wyniki badań własnych pozwoliły Doktorantce na wyciągnięcie i poprawne sformułowanie sześciu wniosków, z których do najważniejszych zaliczam:

- Egzogenne zastosowanie kwasu L-askorbinowego obniża toksyczność wywołaną NaF u pszenicy w warunkach *in vitro*.
- Dogłębowo wprowadzony kwas L-askorbinowy obniża toksyczność wywołaną NaF u pszenicy w doświadczeniu wazonowym.
- Trzy formy aplikacji kwasu L-askorbinowego redukują toksyczność wywołaną przez NaF u pszenicy, a najefektywniejszą formą aplikacji jest podlewanie

Pomimo tych wszystkich walorów ocenianej dysertacji, z obowiązku recenzenta muszę zwrócić uwagę na fakt, że Doktorantka nie ustrzegła się jednak pewnych niedociągnięć językowych i edytorskich, Niektóre z nich prezentuję poniżej:

str. 8 jest „parametry fizjologicznych”, winno być „parametry fizjologiczne”

str. 13 jest „wpływu zastosowanie”, winno być „wpływu zastosowania”

str. 14 jest „fluorki, który”, winno być „fluorki, które”

str. 18 jest „toksyczność na fluor”, winno być „toksyczność fluoru”

str. 22 jest „iskodliwy”, winno być „i szkodliwy”

str. 29 jest „dobry wskaźniki”, winno być „dobry wskaźnik”

str. 45 jest „w gatunkach”, winno być „u gatunków”

str. 63 jest „wzrost endogennego stężenia kwasu”, winno być „wzrost stężenia endogennego kwasu”

str. 65 jest „aktywność peroksydazy...17,03 g⁻¹·ś.m.·min⁻¹”, winno być „aktywność peroksydazy...17,03 μM H₂O₂ g⁻¹·ś.m.·min⁻¹”

str. 69 w tytule tabeli 20 jest „Aktywność fosfatazy zasadowej i kwaśniej w glebie”, winno być „Aktywność fosfatazy zasadowej w glebie”

str. 71 jest „aktywność”, winno być „aktywność”

str. 99 jest „zawartość”, winno być „zawartość”

str. 107 jest „w liściach odmiany pszenicy ozimej”, winno być „w liściach pszenicy ozimej odmiany”

str. 107 jest „aktywność POX charakteryzowała się wzrostem aktywności wraz ze zwiększającym się stężeniem NaF w pożywce”, winno być „aktywność POX wzrastała wraz ze zwiększaniem stężenia NaF w pożywce”

str. 111 jest „trzy formy aplikacji 0,5 mM kwasu L-askorbinowego redukuje”, winno być „trzy formy aplikacji 0,5 mM kwasu L-askorbinowego redukują”

str. 76, 77, 80, 84, 87, 90, 94, 95, 98, 100, 102, w tytułach podrozdziałów i tytułach tabel pojawia się zwrot: „synteza średnich zawartości...”, albo „synteza średnich aktywności...”. Wydaje się, że wystarczyło napisać „średnia zawartość” lub „średnia aktywność”.

Powyższe uwagi nie wpływają jednak na całościową, pozytywną ocenę recenzowanej pracy doktorskiej. Podczas czytania ocenianej dysertacji nasunęły mi się jednak dwie kwestie, które wymagają wyjaśnienia:

1. Na podstawie wyników badań uzyskanych w etapie I, doktorantka uznała, że pięć gatunków roślin tj. pszenica, rzodkiewka, lucerna, słonecznik i pomidor są nietolerancyjne na fluor. Do kolejnych etapów wybrano pszenicę zwyczajną, ale na kartach rozprawy nigdzie nie znalazłem wyjaśnienia co było powodem takiego wyboru?
2. Prosiłbym również o wyjaśnienie wyników badań z etapu pierwszego dotyczących określenia długości korzeni (Tab. 4 i Rys. 11). W tabeli 4 doktorantka umieściła wyniki wskazujące na brak istotnych różnic pomiędzy długością korzeni 10-cio dniowych siewek uprawianych w warunkach kontrolnych (woda destylowana) i w obecności roztworu NaF o stężeniu 10 mM dla rzodkwi, jęczmienia, żyta i łubinu wąskolistnego. Na rysunku 11.2,

11.3, 11.4 i 11.6 widać natomiast wyraźne różnice w długości korzeni pomiędzy kontrolą, a obiektami z dodatkiem roztworu NaF dla wymienionych powyżej roślin. Skąd te rozbieżności?

Wnioski końcowe

Reasumując, w podsumowaniu stwierdzam, że nie mam żadnych wątpliwości co do faktu, że rozprawa doktorska Pani mgr inż. Justyny Pelc pt.: „Zastosowanie kwasu askorbinowego celem ograniczenia toksyczności związków fluoru w glebie i w roślinie” jest pracą nowatorską i stanowi samodzielne oraz oryginalne rozwiązanie prezentowanego w niej problemu naukowego. Koncepcja rozprawy, zastosowane metody badawcze, uzyskane wyniki i ich interpretacja pozwalają stwierdzić, że cel pracy został osiągnięty.

W związku z powyższym przedstawiona dysertacja spełnia ustawowe wymagania stawiane rozprawom doktorskim – Ustawa z dnia 14.03.2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki, w zw. z art. 179 ust. 1 ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, wnioskuje o dopuszczenie Pani mgr inż. Justyny Pelc do dalszych etapów procedury ubiegania się o stopień naukowy doktora.

dr hab. Robert Biczak, prof. UJD





Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ul. Wojska Polskiego 28
60-637 Poznań
tel. +48 61 848 70 01
e-mail: rektorat@up.poznan.pl

WYDZIAŁ LEŚNY
I TECHNOLOGII DREWNA

Poznań, 04 września 2023 r.

dr hab. inż. Kinga Drzewiecka
Katedra Chemii
Ul. Wojska Polskiego 75
60-625 Poznań
T: 61 848-78-53
E: kinga.drzewiecka@up.poznan.pl

R E C E N C J A

rozprawy doktorskiej mgr inż. Justyny Pelc
pt.: „Zastosowanie kwasu askorbinowego celem ograniczenia
toksyczności związków fluoru w glebie i w roślinie”

Podstawą opracowania recenzji jest pismo Przewodniczącej Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska Górnictwo i Energetyka Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, dr hab. inż. Joanny Podlasińskiej, prof. ZUT z dnia 3 lipca 2023 r. w związku z uchwałą RD IŚGiE ZUT w Szczecinie z dnia 30 czerwca 2023 r. o powołaniu mnie na recenzenta w postępowaniu o nadanie stopnia doktora mgr inż. Justynie Pelc.

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska wykonana została na Wydziale Kształtowania Środowiska i Rolnictwa Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, pod kierunkiem dr hab. inż. Beaty Smolik, prof. ZUT pełniącej funkcję promotora oraz dr inż. Martyny Śnioszek pełniącej funkcję promotora pomocniczego.

Przedmiot i cel pracy

Zanieczyszczenie powietrza i gleby fluorem jest problemem ogólnoswiatowym, który niekorzystnie wpływa na rośliny uprawne, w tym na kiełkowanie, wzrost, odżywianie mineralne, fotosyntezę, oddychanie, aktywność enzymów komórkowych, rozmnażanie i w konsekwencji na wielkość plonów. Fluor hamuje aktywność enzymów antyoksydacyjnych jak dysmutaza ponadtlenkowa i zakłóca pracę układów sygnałowych komórki. Objawy toksyczności fluoru u roślin obejmują, oprócz zahamowania wzrostu i rozwoju, chlorozę, nekrozę i odpadanie liści, przedwczesne opadanie kwiatów i owoców oraz zmniejszoną produkcję nasion. Stąd konieczność prowadzenia prac nad skutkami zanieczyszczenia środowiska związkami fluoru, mechanizmami ich toksyczności i metodami łagodzenia negatywnego wpływu tego pierwiastka na rośliny uprawne na poziomie

fizjologicznym, biochemicznym i molekularnym.

Celem ogólnym badań przedstawionych w rozprawie było określenie, czy egzogenne kwas L-askorbinowy (Asc) wpływa na zmniejszenie toksyczności jonów fluorkowych względem roślin uprawnych i czy poprawia stan gleby zanieczyszczonej fluorkami. Ocenę tę Doktorantka przeprowadzała na podstawie analizy wybranych parametrów morfologicznych, fizjologicznych i biochemicznych roślin oraz pomiaru aktywności enzymów glebowych. Jako cele szczegółowe pracy obrano: i) ocenę wrażliwości 10 gatunków roślin uprawnych i wybór gatunku wrażliwego do dalszych badań, ii) określenie stopnia łagodzenia stresu fluorkowego u gatunku wrażliwego przez kwas askorbinowy podany dokorzeniowo w warunkach *in vitro* i doświadczeniu wazonowym, iii) określenie wpływu egzogennej kwas askorbinowy na aktywność enzymatyczną gleby zanieczyszczonej fluorkami oraz iv) ocenę skuteczności Asc w zależności od sposobu jego aplikacji.

Cel i zakres badań zostały prawidłowo określone a tematyka badań wpisuje się w zakres dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Tytuł rozprawy w pełni odpowiada jej zakresowi.

Charakterystyka i ocena pracy

Rozprawa doktorska mgr inż. Justyny Pelc liczy łącznie 129 stron i zawiera kolejno spis treści, streszczenie w j. polskim i angielskim, spis skrótowców, wstęp, cel i zakres badań. Część zasadnicza obejmuje przegląd literatury, metodologię badań, opis wyników i ich dyskusję i zawiera 38 tabel oraz 12 rysunków. Całość rozprawy kończą wnioski i bibliografia zawierająca 187 pozycji literaturowych. Liczba stron rozprawy, długość rozdziałów i ich wzajemne proporcje odpowiadają klasycznym zasadom redakcji prac doktorskich.

Studium literaturowe podzielono na 7 podrozdziałów (punktów), w których w sposób syntetyczny przedstawiono obecny stan wiedzy dotyczącej podjętego w pracy zagadnienia badawczego. W punkcie 1 przeglądu literatury Doktorantka opisuje właściwości fizykochemiczne fluoru, wartości tła, zakres i średnią zawartość w glebach w zależności od rodzaju i kraju oraz wskazuje naturalne źródła tego pierwiastka w środowisku. W dalszej części w sposób bardziej szczegółowy omawia antropogeniczne źródła fluoru podkreślając narastający problem zanieczyszczenia środowiska glebowego tym pierwiastkiem wynikający z działalności człowieka, w tym przemysłu hutniczego, nawozowego, farmaceutycznego czy agrotechnicznego. Punkt 2 przeglądu literatury Doktorantka poświęca toksyczności fluoru wobec roślin, opisując drogi narażenia, czynniki wpływające na biodostępność, objawy i mechanizmy toksyczności bezpośredniej jonów fluorkowych. W kolejnym punkcie omawia zjawisko stresu oksydacyjnego oraz wymienia mechanizmy detoksykujące reaktywne formy tlenu. Wybrane przeciwutleniacze enzymatyczne (katalaza, peroksydazy) i nieenzymatyczne (kwas L-askorbinowy) szczegółowo

przedstawia w punkcie 4 skupiając się na związkach oznaczanych w części eksperymentalnej pracy. Szczególną uwagę Doktorantka poświęca funkcji kwasu askorbinowego w reakcji obronnej roślin, w tym jako kofaktora enzymów biorących udział w procesie fotosyntezy i biosyntezie fitohormonów kluczowych w odpowiedzi roślin na czynniki stresowe. Ponadto wskazuje na sygnałowe i przeciwutleniające właściwości askorbinianu w mechanizmie zmiatania wolnych rodników w warunkach stresu uzasadniając potrzebę badań nad jego aplikacją w celu ograniczenia toksyczności jonów fluorkowych wobec roślin. W punktach 5 i 6 krótko omawia funkcje pozostałych związków analizowanych w części doświadczalnej pracy (barwników roślinnych i proliny) oraz powstawanie dialdehydu malonowego (MDA) jako produktu peroksydacji lipidów i powszechnie stosowanego wskaźnika nasilenia stresu oksydacyjnego. Część literaturową rozprawy kończy punkt 7 opisujący enzymy glebowe (dehydrogenazy i fosfatazy), których aktywność pozwala na ocenę stanu gleby i posłużyła Doktorantce za wskaźnik toksycznego działania fluorków na środowisko glebowe.

W rozdziale 2 „Materiały i metody” liczącym 9 stron, Doktorantka dość szczegółowo opisuje przebieg prac o charakterze etapowym, przy czym każdy z 4 etapów badań przedstawia przy pomocy schematu i formułuje jego cel. Sekwencja prac została dobrze zaplanowana począwszy od 10-dniowych eksperymentów modelowych do badań wazonowych w dłuższej perspektywie czasowej. Badania rozpoczyna doświadczenie *in vitro*, w którym analizowano 10 gatunków reprezentujących 6 rodzin roślin uprawnych, których siewki wyprowadzano z nasion w obecności 10 mM roztworu NaF. Po 10 dniach wzrostu w warunkach kontrolowanych określano wpływ fluorków na parametry biometryczne siewek oraz fizjologiczne i biochemiczne liści przez porównanie z układem kontrolnym. Na podstawie uzyskanych wyników do dalszych etapów (2-4) wybrano pszenicę jarą (*Triticum aestivum* L. cv. 'Bryza') jako gatunek wrażliwy na obecność jonów fluorkowych w podłożu. W etapie 2 badań, również w warunkach *in vitro* oceniono stopień łagodzenia toksyczności NaF (w stężeniach 10 i 20 mM) u wybranego gatunku poprzez równoległy dodatek kwasu L-askorbinowego w stężeniach 0,5; 1,0 i 2,0 mM. Podobnie jak w etapie 1 przeprowadzono analizę biometryczną siewek oraz analizowano zawartość barwników, wolnej proliny i dodatkowo poziom MDA w liściach. Kolejne etapy badań obejmowały doświadczenia wazonowe, przy czym ostatnie przeprowadzono w dwóch sezonach wegetacyjnych. W etapie 3 oceniano wpływ egzogenego Asc (1 i 2 mM) zastosowanego doglebowo na toksyczność jonów fluorkowych względem pszenicy stosowanych w stężeniach 25 i 50 mM. Po 14, 21 i 28 dniach uprawy przeprowadzono pomiary parametrów fizjologicznych i biochemicznych, poszerzone o oznaczenie aktywności oksydoreduktaz w liściach. Przez cały okres trwania eksperymentu, w tygodniowych interwałach analizowano również aktywność enzymatyczną i mierzono wartość pH gleby. Celem ostatniego etapu badań było określenie wpływu egzogenego Asc na toksyczność jonów fluorkowych w zależności od sposobu jego aplikacji w dawce 50 mM

(moczenie nasion, dolistnie - oprysk, doglebowo - podlewanie). Pomiary parametrów fizjologicznych i biochemicznych liści wykonano w terminach czterech faz rozwoju roślin, w tym jako dodatkowy parametr oznaczano poziom endogennego Asc. W kolejnych podrozdziałach części metodycznej rozprawy Doktorantka podaje charakterystykę gleby użytej w etapach 3 i 4 badań oraz warunki atmosferyczne towarzyszące dwuletniemu doświadczeniu wazonowemu (etap 4), opisuje także metody pomiaru parametrów biometrycznych, fizjologicznych oraz biochemicznych roślin i gleby, jak również użyte metody analizy statystycznej danych liczbowych.

W kolejnym rozdziale liczącym 63 strony, Doktorantka omawia wyniki badań etapowych przedstawiając dane liczbowe w formie tabel. W opisie etapów 1 i 2 dane te uzupełniają zdjęcia siewek badanych gatunków w wariantach eksperymentalnych. Najszerze badania etapu 1 wykazały negatywny aczkolwiek zróżnicowany wpływ NaF w stężeniu 10 mM na wzrost siewek wszystkich analizowanych 10 gatunkach roślin uprawnych oraz na parametry fizjologiczne i biochemiczne liści. W oparciu o uzyskane wyniki, 5 gatunków uznano jako nietolerancyjne a 3 za tolerancyjne na zastosowane stężenie jonów fluorkowych. W etapie 2 w warunkach *in vitro*, stwierdzono łagodzący wpływ roztworu kwasu L-askorbinowego na toksyczność NaF stosowanego w stężeniach 10 i 20 mM względem pszenicy zwyczajnej. Wpływ ten był szczególnie wyraźny dla niższej dawki fluorków i zależny od stężenia roztworu Asc (w zależności od analizowanego parametru siewek). W kolejnym doświadczeniu, wazonowym z użyciem gleby wtórnie zanieczyszczonej jonami fluorkowymi, równoczesny dodatek Asc obniżał zawartość proliny w liściach pszenicy, w szczególności przy niższym stężeniu NaF wynoszącym 25 mM oraz silnie obniżał stopień utlenienia kwasów tłuszczowych przyjęty za miarę uszkodzenia komórek. Dodatek kwasu L-askorbinowego łagodził również negatywny wpływ fluorków na zawartość barwników fotosyntetycznych, szczególnie chlorofilu a w końcowej fazie eksperymentu. Pod wpływem fluorków wraz ze wzrostem roślin obserwowano regenerację syntezy chlorofilu wzmożoną pod wpływem Asc. Egzogenny Asc obniżał aktywność enzymów przeciwutleniających, w szczególności peroksydaz, w mniejszym stopniu katalazy u roślin narażonych na działanie fluorków. Dodatek 50 mM roztworu NaF wpływał istotnie na akumulację kwasu L-askorbinowego w liściach pszenicy po 28 dniach uprawy, natomiast Asc stosowany doglebowo nie zwiększał puli tego metabolitu. Dodatek NaF do gleby wpływał negatywnie na aktywność enzymatyczną gleby, w szczególności w przypadku fosfatazy zasadowej. Uzyskane wyniki nie wskazują jednak na łagodzący wpływ równoległego dodatku Asc na stan gleby, a sam kwas askorbinowy powodował nieznaczny spadek aktywności oznaczanych enzymów, z największym spadkiem dla fosfatazy zasadowej. W podsumowaniu Doktorantka stwierdza, że zastosowanie kwasu L-askorbinowego doglebowo w stężeniach 25 i 50 mM łagodzi stres oksydacyjny u pszenicy jarej, natomiast wpływ na aktywność enzymatyczną gleby nie jest jednoznaczny. W etapie 4 stwierdzono istotny wpływ egzogenego Asc na obniżenie zawartości proliny w liściach

pszenicy w każdej z 4 faz rozwoju roślin, silniejszy w przypadku moczenia nasion i podlewania roślin, nieco słabszy przy oprysku liści z użyciem 0,5 mM roztworu. Obserwowano również obniżenie zawartości MDA w liściach narażonych na działanie fluorków przy oprysku i podlewaniu stosowanych jako metod aplikacji Asc, poza fazą trzeciego liścia. Podlewanie w największym stopniu łagodziło negatywny wpływ fluorków na zawartość chlorofilu a, natomiast oprysk i podlewanie na poziom chlorofilu b i karotenoidów w liściach pszenicy. Sam egzogenny Asc wpływał pozytywnie na poziom chlorofilu b i karotenoidów we wczesnych fazach rozwoju siewek. Egzogenny Asc istotnie obniżał aktywność katalazy, a skuteczność aplikacji była uzależniona od jej sposobu oraz od fazy rozwoju roślin i peroksydaz (przy podlewaniu). Dodatek NaF do gleby indukował akumulację endogennego kwasu L-askorbinowego a równolegle podany egzogenny Asc nieznacznie obniżał ten efekt, najsilniej w przypadku aplikacji dolistnej. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że podlewanie siewek pszenicy 0,5 mM roztworem Asc łagodzi stres wywołany jonami fluorkowymi w stężeniu 50 mM niezależnie od fazy rozwojowej roślin.

Kolejny punkt rozprawy stanowi dyskusja uzyskanych wyników, prowadzona w sposób rzeczowy, bez zbędnego rozciągania tekstu. Doktorantka prowadzi tę część wg przemyślanego toku, rozpoczynając od omówienia toksyczności fluorków względem roślin i mechanizmów prowadzących do zmian w poziomie badanych parametrów biomasy, fizjologicznych i biochemicznych siewek. Następnie płynnie przechodzi do dyskusji wpływu egzogennego Asc na poziom stresu u roślin uprawnych, głównie pod wpływem suszy, uwzględniając stosowaną dawkę i sposób aplikacji. W dalszej części omawia wpływ jonów fluorkowych na aktywność enzymatyczną gleby i nawiązuje do danych literaturowych dotyczących zastosowania, poza badanym kwasem askorbinowym, innych substancji biologicznie czynnych (w tym kwasu salicylowego, chitozanu, polifenoli czy lignin) wprowadzanych do gleby i łagodzących działanie czynników stresowych takich jak zasolenie, niedobór wody czy jony metali.

Pracę kończą wnioski, które odpowiadają celom wyznaczonym dla kolejnych etapów badań i potwierdzają przyjętą hipotezę o przydatności kwasu askorbinowego do łagodzenia toksyczności fluoru względem roślin uprawnych na przykładzie gatunku wrażliwego *Triticum aestivum* L. cv. 'Bryza'.

Bibliografia rozprawy jest bogata, trafnie dobrana do poruszanych zagadnień. Obejmuje 165 pozycji anglojęzycznych i 30 w j. polskim, w tym oryginalne artykuły naukowe, prace przeglądowe, monografie i 1 stronę internetową. Większość to prace wydane po 2000 roku a połowę cytowanej literatury stanowią pozycje wydane po 2010 roku. Starsze pozycje mają charakter fundamentalny lub stanowią prace metodyczne.

Pod względem językowym uważam pracę za przygotowaną poprawnie, szczególnie w Dyskusji odczuwalna jest spójność językowa i lekkość wypowiedzi świadczące o dużym rozeznaniu Doktorantki w literaturze przedmiotu badań. Nie napotkano fragmentów

zbędnych czy powtórzeń. Występujące błędy mają charakter głównie edytorski i nie wpływają na ocenę merytoryczną rozprawy.

Komentarze i uwagi do pracy

Recenzja rozprawy doktorskiej wymaga sformułowania uwag i pytań. Komentarze stanowią mniej istotne spostrzeżenia recenzenta, nie wymagają ustosunkowania się Doktorantki i w większości mają służyć przy przygotowaniu manuskryptów publikacji, natomiast uwagi szczegółowe wymagają komentarza/odpowiedzi.

KOMENTARZE

1. Punkt „Cel i zakres badań” w mojej opinii powinien znaleźć się po przeglądzie literatury (przedstawieniu problemu naukowego), chyba że wymogi redakcyjne stanowią inaczej.
2. „Przegląd literatury” - str. 16: pkt. 1.2 dotyczy, podobnie jak całość rozprawy, toksyczności fluorków, nie fluoru jako pierwiastka jak sugeruje tytuł tego punktu; str. 18: „forma chemiczna” zamiast „rodzaj”; str. 20: „objawów toksyczności/uszkodzeń” zamiast „obrażeń”.
3. „Materiały i metody” – str. 32, pkt. 2.2: brak informacji o długości trwania doświadczenia i liczbie powtórzeń w opisie etapu 2 badań; str. 33, pkt. 2.3: aktywność enzymatyczną gleby oznaczano w odstępach tygodniowych a nie „kilkunastotygodniowych”; str. 37, pkt. 2.8.3: zawartość barwników w liściach wyznaczano korzystając z krzywych wzorcowych czy na podstawie równań Arnona?; str. 38, pkt. 2.9 i 2.10: proszę o weryfikację poprawności zapisu jednostek aktywności enzymów glebowych.
4. „Wyniki” – uwagi ogólne: zbyt długie tytuły podpunktów w spisie treści można zastąpić dodając spis tabel i rysunków, który ułatwiłby ich lokalizację w pracy; dużym ułatwieniem dla czytelnika i dodatkowym atutem pracy byłoby przedstawienie części uzyskanych wyników w formie wykresów w miejsce tabel; tabele 10, 18, 23-27 wymagają dokładnego sprawdzenia istotności różnic i grup jednorodnych, np. tab. 10 – czy wyniki świeżej masy dla wariantów 2 mM Asc i 10 mM NaF+1 mM Asc różnią się statystycznie?, podobnie w tab. 18 – 21 dzień: aktywność katalazy dla wariantu 50 mM NaF i 25 mM NaF+1 mM Asc; tab. 23 – rok 2016, faza strzelania w źdźbło: poziom proliny był najwyższy (a) dla wariantu „50 mM NaF” a nie dla „50 mM NaF + 0,5 mM Asc oprysk”; brak sprecyzowanych czynników uwzględnionych w analizie wariancji i różnice między tabelami o tym samym układzie znacznie utrudnią ich interpretację (np. tabele 23 i 25, 24 i 26); str. 68 – stwierdzenie „Gleba zanieczyszczona NaF ale z dodatkiem Asc charakteryzowała się wyższą aktywnością fosfatazy kwasnej niż gleba z samym NaF” stanowi zbyt duże uogólnienia i jest niezgodne z danymi przedstawionymi

w tabeli 21; str. 84: nieprawdą jest, że „0,5 mM Asc w formie moczenia nasion DWUKROTNIE zwiększył zawartość chlorofilu a odpowiednio: w fazie trzeciego liścia oraz kłoszenia”; brak wyników analizy wariancji (przedstawiono jedynie wyniki testów post-hoc).

5. Cała praca: Zastosowane terminy oraz skróty naukowe powinny być objaśnione w tekście przy pierwszym ich użyciu a te pochodzące z angielskiego powinny być poprzedzone nazwą oryginalną; sugerowałabym: zastąpienie sformułowania „łagodzenie stresu” słowem „toksyczności” fluoru, szczególnie w odniesieniu do gleby oraz zachowanie chronologii opisu wyników i ich dyskusji zgodnej z kolejnością przedstawioną w celu badań i części metodycznej pracy (biometria, fizjologia, biochemia).

UWAGI SZCZEGÓŁOWE

1. Jakie kryteria i metody porównawcze obrano przy podziale badanych gatunków na tolerancyjne i nietolerancyjne (wrażliwe) i wyborze pszenicy jako gatunku wrażliwego do badań etapów 2-4? Dlaczego żyto i ogórek pozostawiono bez klasyfikacji?
2. Czy przeprowadzono dodatkowe obliczenia względnych zawartości barwników roślinnych (np. chl a/b, chl(a+b)/karotenoidy), które mogłyby posłużyć do oceny kondycji roślin?
3. Proszę o uzasadnienie dlaczego w etapach 3 i 4 nie przeprowadzono pomiarów biometrycznych roślin? Czy obserwowano uszkodzenia typu chlorozy, nekrozy liści wywołane fluorem?
4. Czy rozważano przeprowadzenie analizy parametrów biochemicznych w korzeniach i odniesienia ich do obserwowanej obniżonej wartości indeksu kiełkowania i zahamowania wzrostu korzeni pod wpływem fluorków?
5. Czy rozważano przeprowadzenie analizy zawartości fluoru, np. metodą potencjometryczną, w korzeniach i części nadziemnej roślin w zależności od dawki NaF oraz celem oceny wpływu egzogenego kwasu askorbinowego na pobieranie i translokację tego pierwiastka?
6. Na jakiej podstawie wyznaczono dawki doglebowe NaF w doświadczeniach wazonowych etapów 3 i 4? Ile wynoszą zastosowane dawki podane w mM w przeliczeniu na suchą masę gleby i jak te wartości kształtują się względem wartości tła i zakresu zawartości fluoru w glebach.
7. W przeglądzie literatury (str. 21) Doktorantka cytując literaturę, pisze, że „fluor powoduje inaktywację enzymów niezbędnych do rozkładu RFT”. Jak Pani tłumaczy wykazany w części doświadczalnej pracy wzrost aktywności oksydoreduktaz w odpowiedzi na NaF?

Podsumowanie

Podjęta w rozprawie tematyka jest aktualna i oryginalna a uzyskane wnioski uzupełniają dotychczasowy stan wiedzy w zakresie toksyczności fluorków i sposobów jej łagodzenia. Mając na uwadze nowatorskość badań, ich szeroki zakres i logiczną sekwencję kolejnych etapów stwierdzam, że przedłożona do recenzji rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Doktorantka wykazała się zarówno wiedzą teoretyczną, jak również umiejętnością planowania i przeprowadzenia eksperymentów, opanowała niezbędne techniki laboratoryjne i umiejętność wnioskowania.

Podsumowując stwierdzam, że przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Justyny Pelc pt.: „Zastosowanie kwasu askorbinowego celem ograniczenia toksyczności związków fluoru w glebie i roślinie” spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim określonym w art. 13 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. z 2017 r. poz. 1789), uwzględniając rozporządzenie MNiSW z dnia 19 stycznia 2018 roku w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz.U. z 2018 r. poz. 261), zgodnie z art. 179 ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. - Przepisy wprowadzające ustawę - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2018 r. poz. 1669) i wnoszę do Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie o dopuszczenie Pani mgr inż. Justyny Pelc do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

UCHWAŁA NR 30
Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka
Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie
z dnia 24 listopada 2023 r.

w sprawie nadania mgr inż. Justynie Pelc
stopnia doktora

Na podstawie § 17b ust. 1 pkt 2 Statutu ZUT (uchwała nr 75 Senatu ZUT z dnia 28 czerwca 2019 r., z późn. zm.) w związku z art. 179 ust. 2 i 3 pkt 2b ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. poz. 1669, z późn. zm.), z art. 14 ust. 2 pkt 5 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (tekst jedn. Dz. U. z 2017 r. poz. 1789, z późn. zm.) oraz z § 16 ust. 3 i 19 uchwały nr 130 Senatu ZUT z dnia 29 maja 2023 r. (z późn. zm.) w sprawie określenia sposobu postępowania w sprawie nadania stopnia doktora przez Rady Dyscyplin Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie uchwala się, co następuje:

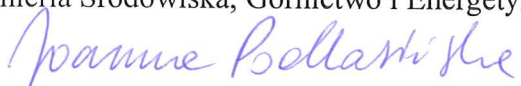
§ 1.

Rada Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie nadaje mgr inż. Justynie Pelc stopień doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

§ 2.

Uchwała wchodzi w życie z dniem podjęcia.

Przewodnicząca Rady Dyscypliny
Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka


dr hab. inż. Joanna Podlasińska, prof. ZUT