



Rada Dyscypliny Rolnictwo i O  
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie  
ul. Oczapowskiego 8, 10-719 Olsztyn  
za pośrednictwem:  
Rady Doskonałości Naukowej  
pl. Defilad 1  
00-901 Warszawa  
(Pałac Kultury i Nauki, p. XXIV, pok. 2401)

dr inż. Magdalena Zaborowska  
Katedra Gleboznawstwa i Mikrobiologii  
Wydział Rolnictwa i Leśnictwa  
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

### Wniosek

z dnia 28 marca 2023 roku

o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego  
w dziedzinie nauk rolniczych w dyscyplinie<sup>1</sup> rolnictwo i ogrodnictwo

Określenie osiągnięcia naukowego będącego podstawą ubiegania się o nadanie stopnia  
doktora habilitowanego

**„Aktywność biologiczna gleb rolniczych będących pod presją bisfenoli”**

Wnoszę – na podstawie art. 221 ust. 10 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie  
wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 zm.) – aby komisja habilitacyjna podejmowała  
uchwałę w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w głosowaniu **tajnym/jawnym**<sup>\*2</sup>

Zostałem poinformowany, że:

Administratorem w odniesieniu do danych osobowych pozyskanych w ramach postępowania w sprawie nadania  
stopnia doktora habilitowanego jest Przewodniczący Rady Doskonałości Naukowej z siedzibą w Warszawie (pl.  
Defilad 1, XXIV piętro, 00-901 Warszawa).

Kontakt za pośrednictwem e-mail: [kancelaria@rdn.gov.pl](mailto:kancelaria@rdn.gov.pl), tel. 22 656 60 98 lub w siedzibie organu. Dane osobowe  
będą przetwarzane w oparciu o przesłankę wskazaną w art. 6 ust. 1 lit. c) Rozporządzenia UE 2016/679 z dnia z  
dnia 27 kwietnia 2016 r. w związku z art. 220 - 221 oraz art.

232 – 240 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, w celu  
przeprowadzenie postępowania o nadanie stopnia doktora habilitowanego oraz realizacji praw i obowiązków oraz  
środków odwoławczych przewidzianych w tym postępowaniu.

Szczegółowa informacja na temat przetwarzania danych osobowych w postępowaniu dostępna jest na stronie  
[www.rdn.gov.pl/klauzula-informacyjna-rodo.html](http://www.rdn.gov.pl/klauzula-informacyjna-rodo.html)

.....  
*Magdalena Zaborowska*  
(podpis wnioskodawcy)

#### Załączniki:

1. Dane personalne i adresowe.
2. Kopia odpisu dyplomu uzyskania stopnia naukowego doktora w zakresie kształtowania środowiska.
3. Autoreferat
4. Wykaz osiągnięć naukowych albo artystycznych, stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny  
rolnictwo i ogrodnictwo
5. Kopie opublikowanych prac naukowych wchodzących w skład osiągnięcia naukowego oraz  
oświadczenia współautorów określających indywidualny wkład w powstanie tych prac
6. Kopie opublikowanych prac naukowych niewchodzących w skład osiągnięcia naukowego
7. Wnioski wraz z załącznikami w formie elektronicznej (nośnik – pendrive)

<sup>1</sup> Klasyfikacja dziedzin i dyscyplin wg. rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 20 września  
2018 r. w sprawie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych oraz dyscyplin w zakresie sztuki (Dz. U. z 2018 r. poz.  
1818).

<sup>2</sup> \* Niepotrzebne skreślić.



AUTOREFERAT  
w postępowaniu habilitacyjnym  
w dziedzinie nauk rolniczych, dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo

**dr inż. Magdalena Zaborowska**

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie  
Wydział Rolnictwa i Leśnictwa  
Katedra Gleboznawstwa i Mikrobiologii

---

**Spis treści**

|  |    |
|--|----|
| 1. Imię i nazwisko.....  | 3  |
| 2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne - z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorski.....   | 3  |
| 3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych.....   | 4  |
| 4. Omówienie osiągnięć, 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.). Omówienie to winno dotyczyć merytorycznego ujęcia przedmiotowych osiągnięć, jak i w sposób precyzyjny określać indywidualny wkład w ich powstawanie, w przypadku, gdy dane osiągnięcie jest dziełem współautorskim, z uwzględnieniem możliwości wskazywania dorobku z okresu całej kariery zawodowej..... | 4  |
| 4.1) Tytuł osiągnięcia naukowego.....  | 4  |
| 4.2) Wykaz autorskich publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe.....   | 4  |
| 4.3) Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z merytorycznym ujęciem przedmiotowych osiągnięć .....  | 6  |
| 4.4) Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych.....   | 28 |
| 4.4.1) Przed uzyskaniem stopnia doktora.....   | 28 |
| 4.4.2) Po uzyskaniu stopnia doktora .....  | 30 |
| 4.4.3) Podsumowanie.....   | 41 |
| 4.4.3.a) Najważniejsze pozostałe osiągnięcia naukowe, niewchodzące w skład cyklu prac przedstawionych jako osiągnięcie w postępowaniu habilitacyjnym.....  | 41 |
| 4.5) Informacje naukometryczne.....  | 43 |
| 5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.....  | 46 |
| 6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.....   | 50 |
| 7. Podsumowanie działalności naukowej.....   | 52 |

## 1. Imię i nazwisko

Imię i nazwisko: **Magdalena Zaborowska**

## 2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej

**09.05.2001** uzyskanie **tytułu magistra inżyniera**, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Ochrony Środowiska i Rybactwa (5-letnie studia magisterskie).

**25.11.2004** uzyskanie stopnia **naukowego doktora nauk rolniczych w zakresie kształtowania środowiska**, specjalność: **mikrobiologia środowiskowa**. Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie.

Tytuł rozprawy doktorskiej: *”Wpływ zanieczyszczenia gleby cynkiem na jej aktywność mikrobiologiczną”*.

**01.09.2000 r. - 23.06.2001 r.** studia podyplomowe; kierunek: finanse i rachunkowość, Wyższa Szkoła Bankowości, Finansów i Zarządzania w Warszawie, oddz. w Olsztynie

**01.07.2003 r. - 30.09.2003 r.** } sześciomiesięczny staż zawodowy w gospodarstwie rolnym,  
**01.07.2004 r. - 30.09.2004 r.** } gmina Gozdowo, woj. mazowieckie

**06.10.2014 r. - 18.02.2015 r.** } sześciomiesięczny kurs języka migowego w wymiarze 160 h,  
**27.04.2015 r. - 15.06.2015 r.** } Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie,

**08.11.2020 r. - 17.02.2021 r.** roczny kurs języka angielskiego ukończony na poziomie C1, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

**08.03.2021 r. - 19.03.2021 r.** staż naukowy w Oddziale Laboratorium Fitosanitarne go Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Roślin i Nasiennictwa w Olsztynie

**20.10.2022 r. - 28.10.2022 r.** staż naukowy w Vytautas Magnus University, Agriculture Academy, Institute of Agroecosystems and Soil Sciences in Kaunas

**21.11.2022 r. – 11.12.2022 r.** staż naukowy w Katedrze Mikrobiologii Przemysłowej i Biotechnologii na Wydziale Biologii i Ochrony Środowiska, Uniwersytetu Łódzkiego

### 3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.

**01.03.2002 r. – 20.01.2005 r.** – **asystent, pracownik naukowo-dydaktyczny**, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa, Katedra Mikrobiologii.

**21.01.2005 r. - do chwili obecnej** – **adiunkt, pracownik naukowo-dydaktyczny/badawczo-dydaktyczny**, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Rolnictwa i Leśnictwa, Katedra Gleboznawstwa i Mikrobiologii.

**01.04.2008 r. – 1.10.2013 r.** - **urlop wychowawczy**

**4. Omówienie osiągnięć, 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.).** Omówienie to winno dotyczyć merytorycznego ujęcia przedmiotowych osiągnięć, jak i w sposób precyzyjny określać indywidualny wkład w ich powstanie, w przypadku, gdy dane osiągnięcie jest dziełem współautorskim, z uwzględnieniem możliwości wskazywania dorobku z okresu całej kariery zawodowej.

**4.1) Tytuł osiągnięcia naukowego – cyklu publikacji powiązanych tematycznie pod wspólnym tytułem:**

*„Aktywność biologiczna gleb rolniczych będących pod presją bisfenoli”*

**4.2) Wykaz autorskich publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe:**

Jako podstawę osiągnięcia naukowego wybrano 6 oryginalnych publikacji naukowych powiązanych ze sobą tematycznie opublikowanych w latach 2019 - 2022, których sumaryczny Impact Factor, według roku publikacji, wynosi **26,034**, a liczba punktów według wykazu Ministerstwa Edukacji i Nauki - **660** (zgodnie z rokiem wydania publikacji). Są to następujące publikacje:

**I.2.1. Zaborowska M., Wyszowska J., Borowik A., Kucharski J. 2021. Bisphenol A—A dangerous pollutant distorting the biological properties of soil.** International Journal of Molecular Sciences. 22: 12753.

**IF<sub>2021</sub> = 6.208**

**140 pkt MEiN** (wg zał. z dnia 21.12.2021)

*Zaborowska M. indywidualny wkład - pomysłodawca koncepcji badań, planowanie badań i doświadczeń, analiza statystyczna danych, interpretacja wyników i sformułowanie wniosków, przegląd literatury, opracowanie wstępu, materiałów, wyników i dyskusji pracy, przygotowanie manuskryptu do druku.*



**I.2.2. Zaborowska M.,** Wyszowska J., Kucharski J. 2021. *Role of Chlorella sp. and rhamnolipid 90 in maintaining homeostasis in soil contaminated with bisphenol A.* Journal of Soils and Sediments. 21: 27–41.

**IF<sub>2021</sub> = 3,536**      **100 pkt MEiN** (wg zał. z dnia 21.12.2021)

*Zaborowska M. indywidualny wkład – pomysłodawca koncepcji badań, planowanie badań i doświadczeń, analiza statystyczna danych, interpretacja wyników i sformułowanie wniosków, przegląd literatury, opracowanie wstępu, materiałów, wyników i dyskusji pracy, przygotowanie manuskryptu do druku.*

**I.2.3. Zaborowska M.,** Wyszowska J., Kucharski J. 2020. *Soil enzyme response to bisphenol F contamination in the soil bioaugmented using bacterial and mould fungal consortium.* Environmental Monitoring and Assessment. 192(20): 1-18.

**IF<sub>2020</sub> = 2,47**      **70 pkt MEiN** (wg zał. z dnia 21.12.2021)

*Zaborowska M. indywidualny wkład – pomysłodawca koncepcji badań, planowanie badań i doświadczeń, analiza statystyczna danych, interpretacja wyników i sformułowanie wniosków, przegląd literatury, opracowanie wstępu, materiałów, wyników i dyskusji pracy, przygotowanie manuskryptu do druku.*

**I.2.4. Zaborowska M.,** Wyszowska J., Kucharski J. 2019. *Biochemical activity of soil contaminated with BPS, bioaugmented with a mould fungi consortium and a bacteria consortium.* Environmental Science and Pollution Research. 26: 37054–37069.

**IF<sub>2019</sub> = 3,056**      **70 pkt MEiN** (wg zał. z dnia 21.12.2021)

*Zaborowska M. indywidualny wkład – pomysłodawca koncepcji badań, planowanie badań i doświadczeń, analiza statystyczna danych, interpretacja wyników i sformułowanie wniosków, przegląd literatury, opracowanie wstępu, materiałów, wyników i dyskusji pracy, przygotowanie manuskryptu do druku.*

**I.2.5. Zaborowska M.,** Wyszowska J., Borowik A. 2020. *Soil microbiome response to contamination with Bisphenol A, Bisphenol F and Bisphenol S.* International Journal of Molecular Sciences. 21: 3529.

**IF<sub>2020</sub> = 4,556**      **140 pkt MEiN** (wg zał. z dnia 21.12.2021)

*Zaborowska M. indywidualny wkład – pomysłodawca koncepcji badań, planowanie badań i doświadczeń, analiza statystyczna danych, interpretacja wyników i sformułowanie wniosków, przegląd literatury, opracowanie wstępu, materiałów, wyników i dyskusji pracy, przygotowanie manuskryptu do druku.*

**I.2.6. Zaborowska M.,** Wyszowska J., Borowik A., Kucharski J. 2022. *Effect of separate and combined toxicity of bisphenol A and zinc on the soil microbiome.* International Journal of Molecular Sciences. 23(11): 5937.

**IF<sub>2021</sub> = 6.208**      **140 pkt MEiN** (wg zał. z dnia 21.12.2021)

*Zaborowska M. indywidualny wkład – pomysłodawca koncepcji badań, planowanie badań i doświadczeń, analiza statystyczna danych, interpretacja wyników i sformułowanie wniosków, przegląd literatury, opracowanie wstępu, materiałów, wyników i dyskusji pracy, przygotowanie manuskryptu do druku*

Niezależnie od powyższego zestawienia, wykaz i kopie cyklu publikacji powiązanych ze sobą tematycznie, stanowiących osiągnięcie naukowe zamieszczono w Załączniku [5]. Wymienione powyżej prace wchodzące w skład osiągnięcia habilitacyjnego omówiono poniżej (pkt. 4.3), zgodnie z nadaną im numeracją w załączniku 4 [I.2.1 – I.2.6].

#### **4.3) Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z merytorycznym ujęciem przedmiotowych osiągnięć**

Synteza chemiczna XX wieku stworzyła warunki do poszerzającej swój zasięg produkcji szerokiej palety związków organicznych, w tym bisfenolu A (BPA) uznanego za jeden z najniebezpieczniejszych komponentów plastyfikatorów (SALTHAMMER 2020). Eskalacja problemu zanieczyszczenia gleb rolniczych tym związkiem obrazują prognozy wskazujące, że w 2023 roku produkcja BPA w Europejskim Obszarze Gospodarczym będzie wynosiła  $7.3 \cdot 10^9$  kg, podczas gdy roczna stopa produkcji tego bisfenolu w roku 2022 ma się utrzymać na poziomie  $10.6 \cdot 10^9$  (RESEARCH AND MARKETS 2018). Skutkiem nabudowania negatywnych nastrojów wokół BPA jest obserwowany trend związany z poszukiwaniem substancji alternatywnych, takich jak bisfenol S (BPS) i bisfenol F (BPF) (SALTHAMMER 2020; CHEN i in. 2016). Niepokoje społeczne podsycane są również przez obserwowaną nadmierną eksploatację gleb rolniczych, których obszar uznany za nieproduktywny zwiększa się co roku o około 10 mln ha na świecie (HOSSAIN i in. 2020).

**Dlatego, istotnym problemem rolnictwa, któremu poświęcone jest obecnie coraz więcej uwagi badaczy jest rozproszenie wciąż wzrastających ilości bisfenoli w glebie zagospodarowanej rolniczo i oddziaływanie tych ksenobiotyków na jej aktywność biologiczną.** Według USEPA (1999) zidentyfikowanym źródłem fenoli w glebie są biosolidy oraz oczyszczone wody pościekowe wykorzystywane do nawadniania pól uprawnych (BISPHENOL S 2014; PÉREZ i in. 2017). Niezaprzeczalnym źródłem związków fenolowych w glebach rolniczych są selektywne herbicydy, między innymi dichloro-di-etylo-3-chloroetan, kwas 2,4-dichlorofenoksyoctowy i pentachlorofenol, dla których prognozy związane z produkcją w 2020 roku oscyływały na poziomie 50 Mt (UZER i in. 2006; CHEN i in. 2015; BALDÉ i in. 2017) oraz butylowany hydroksytoluen (BHT) stosowany do produkcji p-hydroxybenzoniurylu (p-HBN), ważnego związku stosowanego podczas zabiegów agrochemicznych (LANDAU i in. 2001). Analogi BPA są również produktami degradacji pestycydu – metoksychloru, stosowanego w niektórych krajach rozwijających się (GUPTA i in.

2006). Związki fenolowe są także surowcami, z których produkowane są pyretroidy, insektycydy trzeciej generacji (SAD i in. 2008).

Szeroka pula ksenobiotyków, w tym również bisfenoli, ingerująca w coraz większym stopniu w aktywność biologiczną gleby, a tym samym jej kondycję, wybudziła imperatyw do pochylenia się nad pojęciem zdrowia tego ekosystemu, zaproponowanym przez DORANA i ZEISSA (2000), które zostało zdefiniowane jako „*zdolność gleby do funkcjonowania jako żywotny system życia w granicach ekosystemu i użytkowania gruntów w celu utrzymania lub poprawy jakości wody i powietrza oraz promowania roślin i zwierząt*”. Próby ukonstytuowania tej koncepcji na nowo, są podejmowane paralelnie do toczącej się na arenie międzynarodowej kompleksowej dyskusji dotyczącej rozproszenia związków fenolowych w glebach uprawnych, w tym szczególnie bisfenolu A i przekierowują uwagę na wpływ związków fenolowych na jakość plonów rolnych. Niebezpiecznie, gdyż spektakularną konsekwencją hydrofobowości związków fenolowych jest zahamowanie rozwoju korzeni pierwotnych i bocznych roślin (SCHMIDT I SCHUPHAN 2002). Wynika ono z faktu, że są to związki odpowiedzialne za wzrost poziomu kwasu abscysynowego (ABA), który indukuje zahamowanie aktywności innych hormonów endogennych takich jak kwas indolilo-3-octowy (IAA), czy zeatyna (ZT) istotnie ingerujących we wzrost i rozwój roślin, ale przede wszystkim uczestniczy w niszczeniu macierzy mikrotubul cystoszkieletowych na wierzchołkach korzeni (PAN i in. 2013; ADAMAKIS i in. 2013). Ostatecznie, to jednak stopień zanieczyszczenia gleby BPA wywiera decydujący wpływ na zaburzenie wzrostu i rozwoju roślin (ADAMAKIS i in. 2013). Rośliny wykazują też potencjał w pozbywaniu się zanieczyszczeń na drodze konwersji i degradacji dzięki wytwarzaniu monooksygenazy cytochromu P450, utlenianiu pozakomórkowo toksycznych metabolitów fenolowych przez wydzielanie dehydrogenaz, czy fosfataz odpowiedzialnych za przekształcanie fenoli. Są w stanie reagować na stres związany z bisfenolami dzięki dialogowi chemicznemu opartemu na interakcjach z mikrobiomem ich korzeni (GIANFREDA 2015; PREISNER i in. 2018). Uwzględniając szeroką paletę mechanizmów indukowanych przez rośliny w odpowiedzi na kontaminację gleby związkami fenolowymi **niezmiernie istotne jest holistyczne ujęcie problemu obecności bisfenoli w glebach uprawianych rolniczo które, obok rozpoznania składu zespołów mikroorganizmów, wpisuje się również reakcja roślin uprawnych na te ksenobiotyki**. Aby rozwiązywać problemy rolnictwa w skali globalnej należy śledzić reakcje roślin, które plasują się na pierwszych miejscach upraw na świecie, takich jak kukurydza, rzepak jary, czy jęczmień. Kukurydza (*Zea mays*) jest obecnie podstawą wielu populacji ludzkich, zaopatrującą w kalorie i składniki odżywcze 4,5 miliarda ludzi na świecie, dzięki dostosowywaniu się do różnych nisz agroekologicznych pod kontrolą rolników (DOMÍNGUEZ-HERNÁNDEZ i in. 2022). Rzepak jary (*Brassica napus*), ze względu na skład kwasów tłuszczowych



i wysoką zawartość oleju w ziarnach, uznany jest za jedną z najważniejszych roślin oleistych (JIAN i in. 2019). Jęczmień (*Hordeum vulgare*) z kolei, poza tym, że jest jedną z najstarszych roślin uprawnych, jest też czwartą najczęściej uprawianą rośliną zbożową na świecie z przeznaczeniem na żywność, paszę i słoć (FAOSTAT, 2019).

**Obawy dotyczące toksyczności bisfenoli dla roślin uprawnych zrodziły się na kanwie doniesień odnoszących się do szkodliwości tych związków organicznych dla ludzi podpartych wynikami badań in vitro. Dowodzą one o ich cytotoksyczności, neurotoksyczności i genotoksyczności** (MOLINA-MOLINA i in. 2013; MOKRA i in. 2017), przy czym toksyczność poszczególnych bisfenoli zmniejsza się wraz ze wzrostem polarności ich cząsteczek (MOLINA-MOLINA i in. 2013). Bisfenole silnie destabilizują funkcjonowanie układu hormonalnego (EDC), negatywnie wpływają na rozwój płodu kumulując się w tkance łożyska na poziomie 273,9 ng BPA g<sup>-1</sup> (ROTIMI i in. 2021; TROISI i in. 2014). Następstwem ingerencji bisfenoli w synaptogenezę i procesy neurogenezy są także zaburzenia ze spektrum autyzmu oraz zaburzenia układu nerwowego (STEIN i in. 2015). Bisfenole są również odpowiedzialne za mitogenezę AR-T877A, w komórkach raka prostaty (LEE i in. 2003). Ponadto wzbudzają aktywację kinazy białkowej w komórkach raka jajnika i piersi (SONG i in. 2015). Efektem tych badań są też przemysłane strategie gospodarcze. Mają one swoje odzwierciedlenie w zakazie stosowania BPA w butelkach dla niemowląt od roku 2010 w Kanadzie, od 2012 w Argentynie i Brazylii i od 2013 w Belgii (BISPHENOL A 2013). Rangę problemu podnosi zarówno obróbka, jak i ich przetwarzanie oraz hydroliza polimerów, a ostatecznie uwalnianie monomerów bisfenoli do ekosystemów i żywności (MERCEA 2009) oraz wykorzystywanie tych związków w rafinacji ropy naftowej, konwersji węgla oraz zastosowanie ich jako środka do flotacji metalurgicznych w górnictwie, co w konsekwencji prowadzi do silnej degradacji gleb (NGUYEN i in. 2013; ZHU i in. 2018).

**Z racji tego, że mikrobiom gleb, w tym głównie zmiany jego struktury oraz liczebności mikroorganizmów, uznany jest za wiarygodny wskaźnik biologiczny szybko reagujący na stres środowiskowy, ważną składową polemiki naukowej jest prześledzenie reakcji również tej zmiennej jakości gleb. Podobnie, enzymy glebowe pośrednio wpływające na zdolność gleb rolniczych do degradacji zanieczyszczeń organicznych, uznane są za parametr krytyczny i część składową modeli symulacyjnych procesów glebowych** (SCHIMEL i in. 2017). W glebie enzymy ulegają denaturacji termicznej, reakcji z minerałami, są też wchłaniane przez drobnoustroje bądź metabolizowane wewnątrzkomórkowo katalizując depolimeryzację wiązań molekularnych zanieczyszczeń organicznych (BURNS i in. 2013; BUCKLEY i in. 2019). Co prawda, świadomość zróżnicowanej aktywności degradacyjnej drobnoustrojów podparta poznaniem sekwencji nukleotydowych ich genomów jest coraz większa. Nie koresponduje ona jednak z wiedzą na temat

reakcji mikroorganizmów na wzrastające ilości związków fenolowych w glebach, czy aktywności enzymów glebowych określanych poniekąd za wczesne wskaźniki zmian intensywności procesów biologicznych zachodzących w glebie poddanej kontaminacji zanieczyszczeniami organicznymi (BOROWIK i in. 2020).

Według Międzynarodowej Klasyfikacji Patentowej (IPC) oraz Europejskiego Urzędu Patentowego bakterie (57%), enzymy (19%) oraz grzyby (13%) charakteryzują się najwyższym potencjałem bioremediacyjnym (QUINTELLA i in. 2019). Spośród bakterii należy wyeksponować gatunki z rodzaju *Pseudomonas* oraz *Bacillus* (LI i in. 2018; SU i in. 2018). W puli grzybów za ważne adsorbenty zdolne do usuwania związków fenolowych uznawane są *Penicillium* sp., *Mucor* sp., oraz *Aspergillus* sp. (KALYANI i in. 2012, LIU i in. 2012). Jest to ściśle związane z ekspresją genów, w które wyposażone są drobnoustroje. Należą do nich: rfbADB, rfbC, gen kodujący dehalogenzę halohydrynową (HHDH) odpowiedzialny za otwarcie pierścienia epoksydów oraz gen *FabK* (FURMAŃCZYK i in. 2017, XUE i in. 2018). Za biodegradację fenoli w glebach odpowiedzialna jest też szeroka pula enzymów inicjujących ten proces m.in.: hydroksylazy fenolowej (MHS), enzymów indukcyjnych, pochodnych cytochromu P-450 oraz monoooksygenazy toluenu /o-xylenu (TOMO) (SETLHARE i in. 2020). **Doniesienia naukowe** (LIU i in. 2018; LI i in. 2019; SU i in. 2018; BAI i in. 2018) **dowodzą, iż w potencjale mikroorganizmów można upatrywać zasadności stosowania bioaugmentacji, jako jednej z technik minimalizujących problem związany z kontaminacją gleb rolniczych bisfenolami.** Niewątpliwie, biodegradacja związków fenolowych koresponduje z wykorzystaniem ich przez mikroorganizmy jako źródła energii. Należy jednak pamiętać, że pomimo rozszyfrowania genetycznych uwarunkowań drobnoustrojów obligujących je do rozkładu tych związków fenolowych, ich toksyczność może wywierać na mikroorganizmy silny negatywny wpływ (KOLVENBACH i in. 2014). **Zatem obszar badań ukierunkowanych na zdiagnozowanie ekotoksyczności bisfenoli na drobnoustroje gleb uprawnych powinien permanentnie poszerzać swój zasięg, zwłaszcza, że interakcje fenoli z elementami środowiska glebowego są bardzo złożone.** Istotnym zjawiskiem przemawiającym za słusznością tej tezy, jest silny związek między zbiorowiskami drobnoustrojów glebowych a różnorodnością roślin w skali globalnej (HERMANS i in. 2023). Złożoności tych powiązań dowodzą również zmiany aktywności biologicznej pod wpływem fenolowych metabolitów wtórnych części nadziemnej oraz korzeni roślin katalizowanych przez acylotransferazy (AT) i glikozylotransferazy (GT) (TANAKA i in. 2008).

Stężenie, mobilność, toksyczność oraz losy bisfenoli w glebach jest zagadnieniem bardzo złożonym i w dużej mierze zależy od ich sorpcji determinowanej obecnością materii organicznej,

w którą zaangażowane są oddziaływania hydrofobowe, elektrostatyczne oraz wiązania wodorowe (KONG i in. 2020). Izomery bisfenoli wiążą się preferencyjnie z frakcją huminową próchnicy glebowej, w większym stopniu niż z kwasami fulwowymi (LI i in. 2015). Ich degradacja jest też dodatnio skorelowana z pH gleby (KALMYKOWA i in. 2013). Za ważne naturalne utleniacze związków fenolowych w glebach uznawane są tlenki manganu (LU i in. 2011). Duży wpływ na transformację bisfenoli w glebie wywiera również jodek (I<sup>-</sup>) utleniany do kwasu hipoidowego (HOI) lub jodu cząsteczkowego (I<sub>2</sub>) oraz tlenki Fe, które indukują przemiany związków fenolowych między fazą rozpuszczoną a fazą koloidalną (URASE I MIYASHITA 2003; LI i in. 2017). **Rozpoznanie odpowiedzi metabolicznej gleb wobec bisfenoli skłoniło również do wyboru metod ich bioremediacji w badaniach własnych, z wykorzystaniem substancji potencjalnie biostymulujących takich jak *Chlorella* sp., Ramnolipid 90 oraz kwas humusowy.**

Uwzględniając powyższe fakty, nieodzownym było prześledzenie reakcji różnych gatunków roślin przeanalizowanych przez pryzmat ich wzrostu i rozwoju oraz składu chemicznego, zjawiska odnoszącego się ściśle do żyzności i struktury gleb, jak również określenie zmian liczebności, różnorodności funkcjonalnej i genetycznej oraz składu gatunkowego mikroorganizmów skorelowanych ze zmianami aktywności biochemicznej gleb rolniczych kształtowanych przez bisfenole. Uzasadnionym elementem procesu badawczego było również określenie skuteczności substancji biostymulujących, by zarekomendować substancję najbardziej efektywną w odnowie biologicznej gleb. Interakcje te opisano w poszczególnych publikacjach (I.2.1 – I.2.6) powiązanych ze sobą tematycznie stanowiących podstawę osiągnięcia naukowego.

## **Hipotezy badawcze**

Do zweryfikowanych w ramach badań hipotez badawczych należą:

- 1) bisfenole w istotny sposób ingerują we wzrost i rozwój roślin uprawnych: kukurydzy, jęczmienia jarego, rzepaku jarego, sorgo i prosa różgowatego;
- 2) mikrobiom glebowy jest istotnie moderowany przez bisfenole i cechuje się zróżnicowaną wrażliwością na te ksenobiotyki;
- 3) różnorodność genetyczna mikroorganizmów kształtowana przez bisfenole może determinować efektywność usuwania tych związków z gleby;
- 4) zastosowane sposoby bioaugmentacji konsorcjum bakterii i konsorcjum grzybów oraz biostymulacji gleby z wykorzystaniem *Chlorella* sp., Ramnolipidu 90, a także kwasu humusowego wpływają korzystnie na jej aktywność mikrobiologiczną i biochemiczną.

**Za nadrzędny cel badań** zaprezentowanych w cyklu publikacji ukonstytuowanych jako osiągnięcie naukowe uznano odpowiedź roślin uprawnych na presję bisfenoli zintegrowaną z potencjałem mikrobiomu kształtującego żyzność gleb, określonego w oparciu o zmiany namnażania się mikroorganizmów, struktury bakterii i grzybów pleśniowych oraz aktywność enzymów. Wyłoniono również najbardziej efektywną metodę bioaugmentacji i biostymulacji mikrobioty gleb determinowanej przez bisfenole.

#### **Cele szczegółowe wskazujące na realizację osiągnięcia celu głównego:**

- 1) rozpoznanie zależności między wzrostem i rozwojem roślin a aktywnością enzymatyczną, mikrobiologiczną oraz różnorodnością funkcjonalną drobnoustrojów w glebie zanieczyszczonej bisfenolem A [**Zał. 4: I.2.1**];
- 2) ocena skuteczności biostymulacji w przeciwdziałaniu zaburzeniu równowagi gleby pod presją bisfenoli, przez pryzmat jej właściwości biochemicznych [**Zał. 4: I.2.2**];
- 3) określenie potencjału bioremediacyjnego konsorcjum bakterii oraz konsorcjum grzybów pleśniowych wobec bisfenoli [**Zał. 4: I.2.3; I.2.4**];
- 4) pogłębienie wiedzy na temat różnic w toksyczności związków fenolowych na podstawie określenia i porównania skali ingerencji bisfenoli w mikrobiom gleby oraz jej aktywność enzymatyczną [**Zał. 4: I.2.5**];
- 5) ocena dyferencjacji mikrobioty glebowej powodowanych przez toksyczność indywidualną i połączoną bisfenolu A oraz cynku ( $Zn^{2+}$ ) [**Zał. 4: I.2.6**].

Aby wyeliminować czynniki zmienne, potencjalnie modyfikujące oczekiwane rezultaty powyższe hipotezy badawcze były weryfikowane zarówno w doświadczeniach laboratoryjnych, ściśle kontrolowanych warunkach *in situ* [**Zał. 4: I.2.5**] oraz wegetacyjnych doświadczeniach wazonowych [**Zał. 4: I.2.1; I.2.2; I.2.3; I.2.4; I.2.6**].

#### **Metody badań**

Badania składające się na osiągnięcie naukowe przeprowadzono w pięciu doświadczeniach wazonowych wegetacyjnych [**Zał. 4: I.2.1; I.2.2; I.2.3; I.2.4; I.2.6**] i jednym modelowym doświadczeniu laboratoryjnym [**Zał. 4: I.2.5**]. Na zakres wykonanych analiz składało się:

- oznaczenie zawartości makroelementów: N, P, K, Mg i Ca w materiale roślinnym, po uprzednim poddaniu go mineralizacji utleniającej na mokro z zastosowaniem stężonego

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (98%) z perhydrolem (30% roztworem H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), w tym azotu ogółem (N<sub>total</sub>) metodą Kjeldahla, fosforu (P) metodą spektrofotometryczną UV-VIS, potasu (K) z wykorzystaniem fotometrii płomieniowej (FP), magnezu i wapnia metodą płomieniowej absorpcyjnej spektrometrii atomowej (AAS);

- oznaczenie pozostałości bisfenoli: bisfenolu A, bisfenolu F i bisfenolu S w glebie i materiale roślinnym metodą chromatografii gazowej sprzężonej z tandemową spektrometrią mas w trybie monitorowania wybranych reakcji (GC-MS/MS) na chromatografie gazowym sprzężonym ze spektrometrem mas typu „potrójny kwadrupol” Bruker Scion TQ;
- oznaczenie właściwości fizykochemicznych gleb: pH<sub>KCl</sub>, kwasowości hydrolytycznej, sumy zasadowych kationów wymiennych, stopnia wysycenia gleby zasadowymi kationami wymiennymi;
- określenie właściwości chemicznych gleby: zawartości węgla organicznego, azotu całkowitego, przyswajalnego fosforu, potasu i magnezu;
- określenie liczebności bakterii organotroficznych, oligotroficznych, koptotroficznych, immobilizujących azot, amonifikacyjnych, celulolitycznych, *Pseudomonas* sp., *Arthrobacter* sp., *Azotobacter* sp., promieniowców oraz grzybów metodą seryjnych rozcieńczeń;
- identyfikacja bakterii i grzybów glebowych metodą spektrometrii masowej MALDI-TOF MS opartej na desorpcji/ionizacji laserowej wspomaganiej wykorzystaniem matrycy oraz analizatora czasu przelotu jonów;
- izolacja DNA poprzedzona lizą mechaniczną z udziałem mutanolizyny i lizozymu zapewniająca ekstrakcję i precypitację genomowego DNA z 1 g gleby przeprowadzona przy użyciu zestawu „Genomic Mini 647 AX Bacteria+ kit”;
- analiza metagenomiczna taksonów bakteryjnych i grzybowych. Sekwencjonowanie amplikonów grup taksonomicznych Bacteria przeprowadzono na podstawie fragmentu V3-V4 genu 16S rRNA oraz grzybów pleśniowych w oparciu o region hiperzmienny ITS1 metodą sekwencjonowania następnej generacji NGS, techniką MiSeq (Illumina);
- określenie aktywności enzymów glebowych z klasy oksydoreduktaz: dehydrogenaz (EC 1.1) (substrat –chlerek 2,3,5-trifenyloctetrazoliowy (TTC)) i katalazy (EC 1.11.1.6) (substrat - H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) oraz hydrolaz: ureazy (EC 3.5.1.5) (substrat – CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>), fosfatazy kwaśnej (EC 3.1.3.2) i fosfatazy alkalicznej (EC 3.1.3.1) (substrat – di-sodu 4-nitrofenylofosforan (PNPNa), arylosulfatazy (EC 3.1.6.1) (substrat – 4-nitrofenylosiarczan potasu (PNS) oraz β-glukozydazy (EC 3.2.1.21) (substrat – 4-nitrofenylo-β-D-glukozydaza (PNG)).



W procesie bioaugmentacji zastosowano konsorcjum bakterii oraz konsorcjum grzybów wyizolowane z gleby zanieczyszczonej 800 mg BPA kg<sup>-1</sup> s.m. gleby. Do inokulacji gleby zastosowano bakterie: *Pseudomonas umsongensis* - 41%, *Bacillus mycoides* - 22%, *Bacillus weihenstephanensis* - 13%, *Bacillus subtilis* - 24% oraz grzyby: *Mucor circinelloides* - 50%, *Penicillium daleae* - 15%, *Penicillium chrysogenum* - 17%, *Aspergillus niger* - 18%. Proces biostymulacji mikrobiomu gleb przeprowadzono z wykorzystaniem *Chlorella* sp., Ramnolipidu 90 oraz kwasu humusowego.

Kondycję gleby oraz reakcję uprawianych roślin poddanych oddziaływaniu bisfenoli zweryfikowano określając wartości następujących wskaźników:

- rozwoju kolonii (CD) bakterii organotroficznych, promieniowców i grzybów:

$$CD = [N1/1 + N2/2 + N3/3 \dots N10/10] \cdot 100$$

N1, N2, N3,...N10 – suma ilorazów liczby kolonii mikroorganizmów zidentyfikowanych w poszczególnych dniach (1, 2, 3,...10) i sumy wszystkich kolonii z całego okresu badań;

- ekofizjologicznej różnorodności (EP) bakterii organotroficznych, promieniowców i grzybów:

$$EP = -\sum(pi \cdot \log_{10} pi)$$

pi – iloraz liczby kolonii mikroorganizmów z poszczególnych dni i sumy kolonii z całego okresu badań;

- biochemicznej aktywności gleby (BA<sub>21</sub>):

$$BA_{21} = Deh + Kat + Pal + Pac + Ure + Glu + Aryl$$

Deh – aktywność dehydrogenaz (μmol TFF kg<sup>-1</sup> s.m. h<sup>-1</sup>),

Kat – aktywność katalazy (mol O<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>s.m. h<sup>-1</sup>),

Ure – aktywność ureazy (mmol N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>kg<sup>-1</sup>s.m. h<sup>-1</sup>),

Glu – aktywność β-glukozydazy (mmol PNP kg<sup>-1</sup> s.m. h<sup>-1</sup>),

Pac – aktywność fosfatazy kwaśnej (mmol PNP kg<sup>-1</sup> s.m. h<sup>-1</sup>),

Pal – aktywność fosfatazy alkalicznej (mmol PNP kg<sup>-1</sup> s.m. h<sup>-1</sup>),

Aryl – aktywność arylosulfatazy (mmol PNP kg<sup>-1</sup> s.m. h<sup>-1</sup>).

- wpływu bisfenoli ( $IF_{BP}$ ),  $Zn^{2+}$  ( $IF_x$ ), roślin ( $IF_P$ ) oraz zastosowanych dodatków ( $IF_B$ ) w bioaugmentacji (konsorcjum bakterii i konsorcjum grzybów ( $IF_M$ )) i biostymulacji (*Chlorella* sp. ( $IF_{bC}$ ), Ramnolipid 90 ( $IF_{bR}$ ), kwas humusowy ( $IF_H$ ) na mikrobiom gleby:

$$IF_{BP/P/B} = \frac{A_{BP/P/B}}{A_C}$$

$IF_{BP}$  – wpływ bisfenoli,  $IF_P$  - wpływ roślin,  $IF_B$  - wpływ bioaugmentacji i substancji biostymulujących,

$A_{BP/P/B}$  – liczebność mikroorganizmów lub aktywność enzymów w glebie zanieczyszczonej bisfenolami;

$A_C$  – liczebność mikroorganizmów lub aktywność enzymów w glebie niezanieczyszczonej bisfenolami

- oporności roślin (RS):

$$RS = 1 - \frac{2 | D_0 |}{C_0 + | D_0 |}$$

$C_0$  – wartość danego parametru dla gleby kontrolnej;

$P_0$  – wartość badanego parametru dla gleby zanieczyszczonej

$$D_0 = C_0 - P_0$$

- tolerancji (TI), zgodnie ze wzorem:

$$TI = \frac{Y_P}{Y_C} \cdot 100$$

gdzie:

TI – indeks tolerancji roślin (części nadziemnych oraz korzeni) na wzrastające poziomy zanieczyszczenia gleby ksenobiotykami (TI < 100 – inhibicyjne oddziaływanie ksenobiotyków; TI > 100 – stymulujące oddziaływanie ksenobiotyków);

$Y_P$  – plon części nadziemnych i korzeni roślin w glebie zanieczyszczonej ksenobiotykami;

$Y_C$  – plon części nadziemnych i korzeni roślin w glebie kontrolnej, niezanieczyszczonej ksenobiotykami

- stosunek masy części nadziemnych do korzeni roślin

$$PR = \frac{P}{R}$$

PR – stosunek masy części nadziemnych do korzeni roślin; P – plon suchej masy części nadziemnych; R – plon suchej masy korzeni

- różnorodności bakterii i grzybów:

Shannon'a-Weaver'a (H):

$$H = -\sum P_i(\ln P_i)$$

Simpson'a (D):

$$D = 1 - \sum (P_i)^2$$

gdzie:

Pi - stosunek liczby OTU jednego przedstawiciela badanego taksonu do całkowitej liczby OTU całego taksonu.

Do skonfigurowania uzyskanych wyników badań wykorzystano analizę statystyczną w pakiecie Statistica stosując:

- analizę wariancji Anova określającą udział poszczególnych zmiennych zależnych w kształtowaniu zmiennych zależnych (procent obserwowanej zmienności  $\eta^2$ );
- wieloczynnikową analizę wariancji z wykorzystaniem testu Tukey'a (HSD) (grupy jednorodne);
- wielowymiarową analizę głównych składowych PCA (principal component analysis)
- analizę skupień (CA) (dendrogram metodą Warda)

W celu sklasyfikowania odczytów bakterii do poziomu poszczególnych klas taksonomicznych przeprowadzono analizy bioinformatyczne w pakiecie oprogramowania Quantitative Insights Into Microbial Ecology (QIIME) według bazy danych sekwencji referencyjnych GreenGenes (wersja 13.8), a UNITE dla klasyfikacji grzybów. Wyniki opracowano za pomocą oprogramowania R v1.2.5033 z dodatkowym R v 3.6.2 i biblioteką gplots. Dane metagenomiczne typów bakterii i grzybów porównywano statystycznie za pomocą testu G (w/Yates') + Fishera, z pomocą oprogramowania STAMP 2.1.3.

## Wyniki badań

### 1. Rozpoznanie zależności między wzrostem i plonowaniem roślin uprawnych a aktywnością enzymatyczną, mikrobiologiczną oraz różnorodnością funkcjonalną drobnoustrojów w glebie zanieczyszczonej bisfenolem A [Zał. 4: I.2.1].

W badaniach przeanalizowano wpływ BPA zarówno na plonowanie roślin uprawnych: kukurydzy (*Zea mays* odmiana LG 32.52) oraz rzepaku jarego (*Brassica napus*, odmiana *Menthal*) jak i na żyzność gleby określoną na podstawie aktywności enzymatycznej, mikrobiologicznej oraz

różnorodności funkcjonalnej mikroorganizmów. W związku z powyższym, do gleby o składzie granulometrycznym piasku gliniastego (piasek - 74,9%, pył - 22,9% i ił - 2,2%) zaaplikowano wzrastające poziomy zanieczyszczenia BPA: 0; 10; 100; 1000 mg kg<sup>-1</sup> s.m. gleby i obsiano ją wytypowanymi gatunkami roślin.

Zastosowany związek fenolowy istotnie zaburzył plonowanie obydwu roślin uprawnych. Wpłynął również moderująco na zawartość i pobieranie makroelementów w roślinach wzmagając pobieranie przez nie azotu, fosforu i potasu. BPA zaburzał pobieranie magnezu i wapnia przez kukurydzę. Weryfikacja fitoremediacyjnego potencjału kukurydzy i rzepaku jarego nie potwierdziła oczekiwań z nim związanych, co wyklucza te gatunki z grupy roślin uprawnych, skutecznych w przywracaniu kondycji gleby kontaminowanej BPA.

Uzyskane wyniki badań uwierzytelniły również przyjęty paradygmat aktywności enzymatycznej jako niezbędnej w projektowaniu zrównoważonych praktyk zarządzania gruntami rolnymi. Dowiedziono bowiem, iż zanieczyszczenie gleby BPA istotnie zakłóca jej równowagę biochemiczną. Kompilacja 10 mg BPA kg<sup>-1</sup> s.m. gleby i obsiania jej roślinami indukowała pozytywną odpowiedź enzymów glebowych. Na wyższych poziomach zanieczyszczenia BPA stwierdzono, iż niezależnie od gatunku uprawianej rośliny, najbardziej stabilnymi enzymami w glebie były katalaza, fosfataza alkaliczna i arylosulfataza, a najmniej dehydrogenazy i fosfataza kwaśna. Te zależności wyeksponowały również wartości indeksu tolerancji enzymów (TI<sub>BPA</sub>). Wykazano również, że gatunek uprawianej rośliny moderował siłę negatywnego oddziaływania BPA na opisywany parametr. Wykazano iż obsianie gleby kukurydzą w większym stopniu niweluje inhibicyjny wpływ związku fenolowego na aktywność biochemiczną gleby niż obsianie jej rzepakiem jarym, z wyjątkiem dehydrogenaz i ureazy. Rzepak jary nie stymuluje aktywności dehydrogenaz, fosfatazy kwaśnej i ureazy w glebie pod presją 1000 mg BPA kg<sup>-1</sup> s.m. gleby.

W badaniach wykazano odwrotną reakcję mikrobiomu gleby na wprowadzony do niej BPA. Aplikacja najniższego poziomu zanieczyszczenia związku fenolowego przyczyniła się do zmniejszenia liczebności bakterii organotroficznycy, *Pseudomonas* sp., oraz *Arthrobacter* sp. niezależnie od gatunku uprawianej rośliny. Wartości wskaźnika tolerancji (TI<sub>BPA</sub>) wskazały na większą wrażliwość wszystkich grup mikroorganizmów na BPA z wyjątkiem stymulującego wpływu kompilacji najwyższego poziomu zanieczyszczenia gleby testowanym bisfenolem i obsiania jej roślinami. BPA wzmagał namnażanie wszystkich grup mikroorganizmów, z wyjątkiem grzybów w glebie obsianej rzepakiem jarym i spektakularnie indukował wzrost liczebności *Pseudomonas* sp., skorelowany z narastającą presją BPA, co koresponduje z jego potwierdzonym naukowo potencjałem biodegradacyjnym, kryjącym się w wielu szlakach metabolicznych odpowiedzialnych za degradację bisfenoli.

Uzyskane wyniki badań dowiodły, że BPA ingeruje w strukturę i różnorodność bakterii, promieniowców i grzybów. Zastosowany związek fenolowy zmienia również wzajemne relacje między mikroorganizmami strategii r i mikroorganizmami strategii k szacowane w oparciu o współczynnik rozwoju kolonii (CD). Kontaminacja gleby BPA nie wpłynęła istotnie hamująco na tempo namnażania się żadnej z grup mikroorganizmów, a najwyższe wartości CD odnotowano w przypadku grzybów. Obsianie gleby roślinami przyniosło nieoczekiwany negatywny skutek. Rzepak jary nie sprzyjał namnażaniu się grzybów, a kukurydza promieniowców. O zróżnicowanych zdolnościach drobnoustrojów w rozkładzie związku fenolowego w glebie dowodzą również zmiany różnorodności ekofizjologicznej drobnoustrojów weryfikowane dzięki określeniu wskaźnika EP. W glebie traktowanej BPA nastąpiło wypieranie gatunków grzybów wrażliwych na ten ksenobiotyku przez bardziej odporne. Uzyskanie wyższych wartości EP w przypadku bakterii organotroficznych oraz promieniowców ma przełożenie w większym ich udziale w degradacji BPA niż grzybów.

Analiza różnorodności taksonomicznej *Prokaryota* oznaczona na podstawie składu sekwencji hiperzmiennego regionu V3 - V4 genu kodującego jednostkę 16S rRNA oraz społeczności grzybów przeanalizowanej w oparciu o hiperzmienny region ITS1 pozwoliła na określenie składu biocenozy bakterii i grzybów w próbkach gleby niezanieczyszczonych oraz wyeksponowanych na BPA. Dominującymi taksonami w randze phylum, niezależnie od gatunku uprawianej rośliny oraz zanieczyszczenia gleby BPA okazały się *Proteobacteria*, *Actinobacteria* i *Bacteroidetes*. Stwierdzono moderujący wpływ związku fenolowego już na poziomie phylum. Kontaminacja gleby BPA w kompilacji z każdą z roślin uprawnych determinowała wzrost liczebności *Proteobacteria* i *Bacteroidetes*, zmniejszając procentowy udział phylum *Actinobacteria* w porównaniu do gleby niezanieczyszczonej. Miało to przełożenie w zmianach struktur mikrobiomu glebowego na poziomie rodzaju. W glebie niezanieczyszczonej, obsianej rzepakiem jarym, dominowały rodzaje *Cellulosimicrobium*, *Terracoccus* i *Kaistobacter*, a obsianej kukurydzą *Pseudomonas* i *Stenotrophomonas*. Istotną obserwacją jest reakcja mikroorganizmów na BPA. Wykazano, iż rzepak jary jest rośliną odpowiedzialną za wzrost liczebności bakterii z rodzaju *Emticicia*, *Pseudomonas* i *Sphingomonas*, a kukurydza za obfitość *Novosphingobium* i *Sphingobium* w glebie poddanej presji BPA. Identyfikacja tych rodzajów bakterii koresponduje z uruchamianą przez nie szeroką paletą mechanizmów skutkujących biodegradacją bisfenoli. Wskaźniki Shannon'a Wiener'a i Simpson'a odzwierciedliły większą wrażliwość grzybów, niż bakterii na zastosowany związek fenolowy. Wiodącym rodzajem opornym na BPA, reprezentantem phylum *Ascomycota*, był *Penicillium*.



## 2. Ocena skuteczności biostymulacji w przeciwdziałaniu zaburzeniu równowagi gleby pod presją bisfenoli, przez pryzmat jej właściwości biochemicznych [Zał. 4: I.2.2].

Gleba jest złożonym ekosystemem uznanym za jeden z najlepszych receptorów zanieczyszczeń organicznych, w tym bisfenolu A, za którego sorpcję i kompleksowanie odpowiedzialna jest między innymi materia organiczna. Mimo że związki fenolowe pełnią budulcową funkcję jąder strukturalnych substancji humusowych, bisfenol A to ksenobiotyk burzący stan homeostazy gleby. Zminimalizowanie problemów związanych z zanieczyszczeniem gleb uprawnych BPA jest niewątpliwie uzasadnione, podobnie jak wybór procesu adsorpcji, który wyróżnia się wysokim potencjałem eliminacji zanieczyszczeń organicznych. W związku z powyższym podjęto badania, których nadrzędnym celem było określenie skuteczności dwóch substancji biostymulujących *Chlorella* sp. oraz Ramnolipidu 90 w niwelowaniu negatywnych skutków oddziaływania BPA zarówno na plonowanie jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare* L.) odmiany *Orphelia* jak i na właściwości biochemiczne gleby. Z racji tego, że analiza reakcji uprawianej rośliny oraz enzymów glebowych na wzrastającą presję BPA była badana dotąd w znikomym zakresie, doświadczenie wazonowe przeprowadzono w hali wegetacyjnej, w monitorowanych warunkach, eliminując wpływ czynników zmiennych potencjalnie modyfikujących zaistniałe korelacje. Prześledzono je na glebie o składzie granulometrycznym gliny piaszczystej, do której zaaplikowano odpowiednio: 0, 0.1, 2, 40 i 800 mg BPA kg<sup>-1</sup> s.m. gleby, określając jego skalę ingerencji przez pryzmat czasu oddziaływania ksenobiotyku, w 5, 15 i 45 dniu. Czas trwania badań korespondował z fazami wzrostu jęczmienia jarego, którym obsiano wyznaczone obiekty badawcze.

Złożoność interakcji bisfenoli z elementami środowiska glebowego, w tym z roślinami uprawnymi, wyposażonymi w naturalne związki fenolowe wybudziła imperatyw do poszerzenia analiz o określenie skali niepożądanych skutków oddziaływania BPA na wzrost i rozwój jęczmienia jarego, oraz zawartość pozostałości tego bisfenolu w części nadziemnej rośliny. Dowiedziono, że jęczmień jary jest rośliną uprawną oporną na wzrastającą presję bisfenolu. Żadna z substancji biostymulujących nie wpłynęła korzystnie na plonowanie rośliny. *Chlorella* sp., niwelowała negatywne oddziaływanie BPA na zawartość azotu, wapnia i potasu w jęczmieniu jarym.

Wykazano też różnice w odpowiedzi poszczególnych enzymów na presję BPA w czasie. Już 5 – dniowa ekspozycja na związek fenolowy przyczyniła się do zahamowania aktywności fosfatazy kwaśnej i ureazy, 15 – dniowa z kolei do stymulacji aktywności katalazy, arylosulfatazy i dehydrogenaz, natomiast w 45 dniu odnotowano istotne zaburzenie homeostazy gleby uwzględniając odpowiedź ureazy, dehydrogenaz i  $\beta$ -glukozydazy wrażliwych na poziom jej zanieczyszczenia gleby 40 mg BPA kg<sup>-1</sup> s.m.

Podpierając się faktami świadczącymi o tym, że glony są ważnym źródłem związków bioaktywnych pełniących funkcję ochronną przed stresem abiotycznym, posiadają zdolność biokoncentracji BPA w komórkach plasujących je w grupie dobrych bioindykatorów jakości gleby, jak i uzyskanymi wynikami badań, *Chlorella* sp. można uznać za skuteczną substancję biostymulującą parametry biochemiczne gleby. Dowiedziono, iż w 5 dniu ekspozycji na 800 mg BPA kg<sup>-1</sup> s.m. gleby *Chlorella* sp. indukowała wzrost aktywności fosfatazy kwaśnej, fosfatazy alkalicznej i arylosulfatazy, a w 45 dniu β-glukozydazy. Przeprowadzone badania wyeksponowały również mniejszą efektywność Ramnolipidu 90, którego biostymulujące właściwości odnotowano tylko w czasie 15 dni trwania doświadczenia. Zróznicowana reakcja enzymów glebowych na substancje biostymulujące uwiarygadnia ich status jako mediatorów transformacji składników pokarmowych i rozkładu materii organicznej w glebie.

### **3. Określenie potencjału bioremediacyjnego konsorcjum bakterii oraz konsorcjum grzybów pleśniowych wobec bisfenoli [Zał. 4: I.2.3; I.2.4].**

Potencjał zjawiska bioaugmentacji poddano ocenie z dwóch powodów. Po pierwsze, uwzględniono zdolność adsorpcji związków fenolowych na powierzchniach komórek bądź gromadzeniu ich w wewnętrznych strukturach drobnoustrojów. Po drugie, kierowano się większą liczbą doniesień na temat degradacji fenoli przez kultury pojedyncze niż mieszane, które charakteryzują się choćby większymi możliwościami metabolicznymi. W związku z powyższym, przeprowadzono doświadczenia wazonowe, w których obiektem badań była glina piaszczysta o pH = 5,6 [Zał. 4: I.2.3; I.2.4]. Skalę toksyczności bisfenolu F (BPF) [Zał. 4: I.2.3] oraz bisfenolu S (BPS) [Zał. 4: I.2.4] przeanalizowano uwzględniając cztery poziomy zanieczyszczenia związków fenolowych: 0; 5; 50; 500 mg kg<sup>-1</sup> s.m. gleby. W doświadczeniach zweryfikowano reakcję rzepaku jarego (*Brassica napus*) oraz siedmiu enzymów glebowych na rosnącą presję bisfenoli. Aby gleba po przeniknięciu do niej testowanych ksenobiotyków zachowała swoje prawidłowe funkcje, zastosowano konsorcjum bakterii oraz konsorcjum grzybów prowadzące do przyspieszenia rozkładu bisfenoli w glebie. Inokulację gleby przeprowadzono aplikując zawiesinę bakterii wyizolowanych z gleby zanieczyszczonej 800 mg BPA kg<sup>-1</sup>: *Pseudomonas umsongensis* - 41%, *Bacillus mycoides* - 22%, *Bacillus weihenstephanensis* - 13%, *Bacillus subtilis* - 24% oraz zawiesinę grzybów: *Mucor circinelloides* - 50%, *Penicillium daleae* - 15%, *Penicillium chrysogenum* -17%, *Aspergillus niger* - 18%. Oznaczeń biochemicznych dokonano w 5, 30 i 60 dniu trwania eksperymentu.

Oszacowano, iż stosowanie konsorcjum bakterii oraz konsorcjum grzybów nie jest skutecznym kierunkiem w strategii osiągnięcia lepszego plonowania roślin uprawnych w glebach wykazonowanych na związki fenolowe. BPF [Zał. 4: I.2.3] zakłócił wzrost i rozwój rzepaku jarego już na etapie kiełkowania, a BPS [Zał. 4: I.2.4] zahamował plonowanie rośliny na etapie rozwoju trzeciego liścia zgodnie ze skalą BBCH. BPF istotnie zaburzał też pobieranie fosforu, magnezu, azotu, wapnia i potasu przez rzepak jary [Zał. 4: I.2.3], a BPS wapnia i potasu [Zał. 4: I.2.4]. Ponadto zarówno inokulum bakterii jak i inokulum grzybów nie wyeliminowało negatywnych skutków oddziaływania bisfenoli na rzepak jary, mimo że kompilacja zanieczyszczenia i zawiesiny bakterii spowodowała 3-krotnie niższą zawartość BPF w części nadziemnej rośliny [Zał. 4: I.2.3]. Z kolei aplikacja 50 mg BPS kg<sup>-1</sup> s.m. gleby generowała zawartość związku fenolowego na poziomie 20% [Zał. 4: I.2.4]. Wynika to z toksyczności pośrednich produktów rozkładu fenoli ukierunkowanych na mitochondria komórek roślinnych oraz z lotności związków fenolowych.

W badaniu stwierdzono negatywną, aczkolwiek zróżnicowaną reakcję poszczególnych enzymów glebowych na presję BPF [Zał. 4: I.2.3] i BPS [Zał. 4: I.2.4]. 5-dniowa ekspozycja na 500 mg BPS [Zał. 4: I.2.4] zmniejszyła aktywność dehydrogenaz, fosfatazy kwaśnej i fosfatazy alkalicznej, a na BPF [Zał. 4: I.2.3] dodatkowo ureazy. Wyniki badań uzyskane w 60. dniu eksperymentu poświadczyły o najwyższej czułości dehydrogenaz [Zał. 4: I.2.3; I.2.4] oraz fosfatazy kwaśnej [Zał. 4: I.2.4] na presję związków fenolowych, co po raz kolejny przywodzi na myśl fakt, że to dehydrogenazy są najczulszymi wskaźnikami zaburzeń równowagi gleb, w tym głównie gleb uprawnych, poddanych kontaminacji zanieczyszczeniami organicznymi. Fakt, że katalaza i arylosulfataza [Zał. 4: I.2.3; I.2.4] były najbardziej odporne na działanie związków fenolowych korespondował ze stopniem biodegradacji bisfenoli w glebie w czasie trwania eksperymentu. Poziom BPF [Zał. 4: I.2.3] i BPS [Zał. 4: I.2.4] zmniejszył się w ciągu 5 dni odpowiednio o 76% i 61%, po czym o kolejne 21% i 19% w 60. dniu badań.

Dowodzono, że bioaugmentacja gleby konsorcjum bakterii jest skutecznym sposobem bioremediacji gleb kontaminowanych bisfenolami [Zał.4: I.2.3; I.2.4]. Inokulum bakterii łagodziło inhibicyjne działanie BPF [Zał. 4: I.2.3] na aktywność ureazy,  $\beta$ -glukozydazy, katalazy i fosfatazy alkalicznej, a BPS [Zał. 4: I.2.4] wzmacniało aktywność fosfatazy kwaśnej i fosfatazy alkalicznej. Co prawda, konsorcjum grzybów przyczyniło się do pozytywnej odpowiedzi dehydrogenaz [Zał. 4: I.2.3] oraz  $\beta$ -glukozydazy i fosfatazy kwaśnej [Zał. 4: I.2.4], jednak skala stymulacji zawiesiną grzybów była dużo niższa niż bakterii. Uzyskane zależności spowodowane był między innymi konkurencyjnością wprowadzonych szczepów względem rodzimych mikroorganizmów. Mogły być również wynikiem wypierania ze środowiska gatunków mikroorganizmów wrażliwych przez gatunki odporne na działanie bisfenoli.

**Pogłębienie wiedzy na temat różnic w toksyczności związków fenolowych na podstawie określenia i porównania skali ingerencji bisfenoli w mikrobiom gleby oraz jej aktywność enzymatyczną [Zał. 4: I.2.5]**

Toksyczność oraz częstotliwość występowania w środowisku to parametry ksenobiotyków, w tym bisfenoli, które nadają im status „substancji priorytetowych”, a konsekwencją ich rozproszenia jest przenikanie do gleb uprawnych. Aby dociec jak silnie bisfenole A, S i F ingerują w aktywność mikrobiologiczną, jej bioróżnorodność oraz aktywność enzymów glebowych badania przeprowadzono w laboratoryjnych, ściśle kontrolowanych warunkach *in situ*, na glebie sklasyfikowanej jako piasek gliniasty o pH = 6,7. Badania pozwoliły na zaakcentowanie różnic w toksyczności proponowanych związków fenolowych. Oznaczeń dokonano wobec obiektów kontrolnych, w dwóch terminach badań: 15 i 30 dni.

Wykazano, że bisfenole istotnie ingerują w mikrobiom gleby, a ich toksyczność zależy od rodzaju związku fenolowego. Ostatecznie zarówno BPA jak i BPS wzmagały namnażanie się większości z jedenastu badanych grup mikroorganizmów. Eskalację inhibicji w przypadku BPA i BPS odnotowano wobec bakterii z rodzaju *Azotobacter* sp. i bakterii celulolitycznych. Stres biotyczny związany z BPF indukował zmniejszenie liczebności bakterii organotroficznych, bakterii celulolitycznych, bakterii koptotroficznych, bakterii amonifikacyjnych i *Arthrobacter* sp., co uplasowało go na pierwszym miejscu w szeregu toksyczności testowanych bisfenoli, tuż przed BPS i ostatnim w szeregu BPA.

Dowodzono również, że choć bakterie organotroficzne to mikroorganizmy szybkorosnące, to jednak tempo namnażania grzybów stymulowane przez bisfenole zapewnia im status mikroorganizmów strategii r, charakteryzujących się większą zdolnością do adaptacji w glebie zanieczyszczonej bisfenolami niż bakterie organotroficzne i promieniowce, przy czym wartości wskaźnika CD promieniowców były niemalże dwukrotnie niższe niż bakterii organotroficznych. Mimo to promieniowce również skutecznie biodegradowują zanieczyszczenia organiczne, zważywszy na przypisane im najwyższe wartości wskaźnika ekofizjologicznej różnorodności EP.

BPS i BPF istotnie ingerowały w kształtowanie się różnorodności genetycznej w przeciwieństwie do BPA. Analogi bisfenolu A zmniejszały obfitość phylum *Proteobacteria* i *Acidobacteria*, a zwiększały liczebność phylum *Actinobacteria*. Cennymi rezultatami przeprowadzonych badań są wyłonione unikalne rodzaje bakterii dla poszczególnych bisfenoli: *Lysobacter*, *Steroidobacter*, *Variovorax*, *Mycoplana*, dla BPA, *Caldilinea*, *Arthrobacter*, *Cellulosimicrobium* i *Promicromonospora* dla BPF oraz *Dactylosporangium*, *Geodermatophilus* i *Sphingopyxis* dla BPS.

Toksyczność bisfenoli wobec enzymów glebowych kształtowała się nieco inaczej i zapewne korespondowała z odmienną polarnością cząsteczek poszczególnych związków fenolowych. Dowiedziono, że BPS jest silniejszym inhibitorem aktywności enzymatycznej niż BPF i BPA, który notabene oddziaływał najmniej negatywnie na ten parametr. Wskaźniki wpływu bisfenoli ( $IF_{BP}$ ) wykasponowały enzymy najwrażliwsze i najbardziej odporne na ich działanie. Do pierwszej puli zaliczyć można ureazę i arylosulfatazę. Najmniej czułe na presję bisfenoli okazały się dehydrogenazy. Uwzględniając fakt, że są one integralnym elementem systemu enzymatycznego wszystkich żyjących mikroorganizmów, które pozytywnie zareagowały na kontaminację gleby związkami fenolowymi, uzyskane tendencje były uzasadnione.

### **5. Ocena dyferencjacji mikrobioty glebowej powodowanych przez toksyczność indywidualną i połączoną bisfenolu A oraz cynku ( $Zn^{2+}$ ) [Zał. 4: I.2.6]**

Z racji tego, że zarówno BPA jak i  $Zn^{2+}$  jako zanieczyszczenia charakteryzują się dużą częstotliwością występowania w glebach użytkowanych rolniczo, uzasadnionym było przeprowadzenie badań na glebie pobranej z warstwy ornej, przez wiele lat wykorzystywanej pod uprawy, należącej do typu Eutric Cambisol o składzie granulometrycznym piasku gliniastego. Odpowiedź dwóch gatunków roślin uprawnych sorgo (*Sorghum Moench*) i prosa różgowatego (*Panicum virgatum*) oraz mikrobiomu gleby na BPA oraz  $Zn^{2+}$   $kg^{-1}$  s.m. gleby, a także kompilację tych zanieczyszczeń, prześledzono w doświadczeniu wazonowym. Określono w nim również potencjał biostymulacyjny kwasu humusowego, uznanego za istotny w coraz szerzej stosowanych metodach pasywacji, by zminimalizować skutki zarówno indywidualnej jak i połączonej toksyczności ksenobiotyków zarówno na homeostazę gleby jak i plonowanie roślin uprawnych.

Dowiedzionym, niepożądanym następstwem wprowadzenia do gleby BPA było zahamowanie wzrostu korzeni obu uprawianych roślin, co w konsekwencji wpłynęło negatywnie na ich plonowanie, najprawdopodobniej powiązane z hamowaniem asymilacji amoniaku, prowadzącym do niewystarczającej zawartości aminokwasów w korzeniach roślin. Mimo to, odpowiedź zarówno sorgo (*Sorghum Moench*) jak i prosa różgowatego (*Panicum virgatum*) na związek fenolowy była dużo bardziej pozytywna niż na toksyczność połączoną  $Zn^{2+}$  + BPA, przy czym odnotowano większą tolerancję sorgo zobrazowaną przez współczynnik tolerancji roślin ( $TI_P$ ) na kompilację tych ksenobiotyków w glebie. Wykazano również, że wszystkie testowane zanieczyszczenia indukowały wzrost zawartości chlorofilu w roślinach wyrażony wskaźnikiem zieloności liści SPAD i proces ten wzmacniał kwas humusowy. Mimo że sorgo (*Sorghum Moench*) cieszy się rosnącą popularnością na arenie międzynarodowej i jest konkurencyjne na rynku żywności dla kukurydzy,



to jednak okazało się rośliną wrażliwszą na zanieczyszczenie gleby B+Zn<sup>2+</sup> i Zn<sup>2+</sup> niż proso różgowate (*Panicum virgatum*).

Uzyskane wyniki badań dowodzą, że Zn<sup>2+</sup> oraz jego kombinacja z BPA istotnie zaburzają równowagę gleby określoną zarówno na podstawie zmian jej aktywności enzymatycznej jak i aktywności mikrobiologicznej. BPA jest związkiem w mniejszym stopniu ingerującym w mikrobiom gleby. Nie spełnił też funkcji kompleksującej cynk w glebie. Toksyczność indywidualna cynku jak i połączona z BPA przejawia się spektakularnym zahamowaniem aktywności dehydrogenaz, ureazy i fosfatazy kwaśnej oraz wrażliwości *Pseudomonas* sp., grzybów i bakterii celulolitycznych. BPA stymuluje aktywność fosfatazy alkalicznej i  $\beta$ -glukozydazy oraz indukuje namnażanie się wszystkich grup mikroorganizmów glebowych. Przejawem wyższej toksyczności Zn<sup>2+</sup> oraz toksyczności połączonej BPA + Zn<sup>2+</sup> były również zaburzenia w proporcjach między drobnoustrojami szybko- i wolnorosnącymi (strategii r) a wolnorosnącymi (strategii k). Ekspozycja na te zanieczyszczenia spowodowała przesunięcie zespołu bakterii organotroficznych do strategii k. Za istotne zmiany w ekofizjologicznej różnorodności (EP) mikroorganizmów odpowiadała tylko kontaminacja BPA+Zn<sup>2+</sup> i odnosiła się ona jedynie do zmniejszenia wartości tego parametru wobec grzybów.

Oczekiwaną poprawę żyzności gleby po zastosowaniu kwasu humusowego zaobserwowano w glebie obsianej zarówno sorgo jak i proso różgowatym. Ta substancja biostymulująca wpłynęła korzystnie na aktywność ureazy, liczebność bakterii z rodzaju *Pseudomonas* sp. oraz bakterii organotroficznych.

Na podstawie analizy profilu białkowego drobnoustrojów dowiedziono, iż niezależnie od sposobu zagospodarowania gleby oraz rodzaju aplikowanego zanieczyszczenia najliczniejszymi reprezentantami phylum były *Actinobacteria* i *Proteobacteria*. BPA zmniejszył liczebność *Actinobacteria* na rzecz *Proteobacteria*, natomiast presja Zn<sup>2+</sup> generowała większą liczebność *Actinobacteria*. Odzwierciedleniem zmian w strukturze bakterii na poziomie phylum były przegrupowania na poziomie klas i w konsekwencji rodzajów. Profil mikrobiomu w próbkach gleby zanieczyszczonej BPA kształtował głównie rodzaj *Novosphingobium*, który obok *Luteibacter*, *Sphingobium*, *Chitinophaga*, *Mucilagnibacter* uznano za unikatowy takson bakterii. Status ten przypisano również *Knoellia*, *Lapilicoccus*, *Kribella*, których namnażanie indukował Zn<sup>2+</sup> oraz *Serratia*, *Enterobacter*, *Rahnella* i *Bordetella*, których obfitość była odpowiedzią na toksyczność połączoną BPA+Zn<sup>2+</sup>. Ocena oddziaływania testowanych zanieczyszczeń na różnorodność strukturalną grzybów wyeksponowała dominację trzech rodzajów: *Penicillium*, *Fusarium* i *Vishniacozyma*. Na tę tendencję nie miał wpływu rodzaj aplikowanego zanieczyszczenia. Jego istotne znaczenie stwierdzono w przełożeniu na pulę zidentyfikowanych gatunków zarówno

dominujących we wszystkich obiektach: *Penicillium elleniae*, *Penicillium subrubescens* i *Penicillium javanicum*, jak i unikalnych dla poszczególnych ksenobiotyków: *Chrysosporium pseudomerdarium* dla BPA, oraz *Colletotrichum graminicola* i *Sarocladium bactrocephalum* dla  $Zn^{2+}$ .

Badania, wchodzące w skład osiągnięcia naukowego, których wyniki zaprezentowano w publikacjach [Zał. 4: I.2.1; I.2.2; I.2.3; I.2.4; I.2.5; I.2.6] zostały dofinansowane przez Ministra Edukacji i Nauki w ramach programu „Regionalna Inicjatywa Doskonałości”, projekt nr 010/RID/2018/19, który jest realizowany w strukturach Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie [Zał. 4: II. 9.1.2]. Badania przedstawione w publikacjach [Zał. 4: I.2.2; I.2.3; I.2.4] były finansowane również z grantu NCN „MINIATURA 1”, którego byłam kierownikiem [Zał. 4: II. 9.1.1].

### **Podsumowanie i wykorzystanie wyników**

Jednym z największych wyzwań przed jakim stoi obecnie rolnictwo jest opracowanie strategii, zaspokajających rosnące zapotrzebowanie na żywność. Odnoszą się one głównie do rosnącej świadomości istotności bioróżnorodności biologicznej gleb uprawnych i staje się poniekąd priorytetowym uwzględnianiem i stymulacją jej jako parametru charakteryzującego jakość gleb wykorzystywanych rolniczo, co w konsekwencji będzie gwarantem utrzymania lub poprawy produktywności i rentowności rolnictwa. Wyniki badań przedstawionych w publikacjach powiązanych tematycznie, będących podstawą osiągnięcia naukowego są ważnym ogniwem w realizacji wizji i celów rolnictwa. Wskazują na skalę zaburzeń równowagi gleby pod presją bisfenoli ocenionej przez pryzmat plonowania i składu chemicznego czterech gatunków roślin uprawnych korespondujących z wrażliwością mikrobiomu gleb określoną na podstawie wskaźników mikrobiologicznych i biochemicznych. Zaproponowałam również efektywną metodę remediacji gleb rekomendując kwas humusowy w odnowie biologicznej gleby zagospodarowanej rolniczo.

### **Do najważniejszych osiągnięć cyklu prezentowanych prac zaliczam:**

1. Rozpoznanie reakcji *Zea mays*, *Hordeum vulgare*, *Brassica naupus*, *Sorghum Moench*, *Panicum virgatum* na działanie bisfenoli i wykazanie, że związki fenolowe hamują wzrost i rozwój wszystkich roślin. Rzepak jary jest najmniej odporny na bisfenole, a jęczmień jary i kukurydza wykazały się na nie największą opornością.
2. Bisfenole ingerują w procesy fotosyntezy zachodzące w roślinach uprawnych zaburzając ten proces. Zakłócają również pobieranie makroelementów przez uprawiane rośliny, w tym

- głównie wapnia, magnezu i potasu. Największy negatywny wpływ na skład chemiczny roślin wywiera BPF.
3. Degradacja bisfenoli zależy od rodzaju związku fenolowego. Trudniej degradowalny w glebie był BPS niż BPF, co nie miało przełożenia w istotnych różnicach zawartości pozostałości bisfenoli w roślinach uprawnych.
  4. Wykazanie, że najbardziej toksycznym bisfenolem dla mikrobiomu gleb jest BPF, mniej BPS, a najmniej BPA, mimo że BPF i BPS są uznane za alternatywne zamienniki BPA.
  5. Rozpoznanie struktury zespołów bakterii i grzybów zasiedlających gleby zanieczyszczone BPA z wykorzystaniem spektrometrii masowej MALDI-TOF MS, analizy bakteryjnego regionu V3-V4 16S rRNA oraz regionu ITS1 grzybów metodą NGS.
  6. Udowodnienie, że BPA zwiększał udział procentowy *Proteobacteria* i *Bacteroidetes*, a zmniejszał *Actinobacteria* w porównaniu do gleby niezanieczyszczonej. W glebie wyeksponowanej na ten związek fenolowy dominowały bakterie: *Sphingomonas*, *Devosia*, *Novosphingobium*, *Achromobacter*, *Lysobacter*, *Steroidobacter*, *Variovorax*, *Mycoplana*, *Luteibacter*, *Sphingobium*, *Chitinophaga*, *Mucilagnibacter*. BPA indukował obfitość *Ascomycota* i *Basidiomycota*, czego odzwierciedleniem była dominacja grzybów: *Penicillium*, *Fusarium* i *Vishniacozyma*.
  7. Wykazanie że BPS i BPF, zamienniki BPA zmniejszały liczebność *Proteobacteria* i *Acidobacteria* i zwiększały procentowy udział *Actinobacteria*. W glebie poddanej presji BPF dominowały bakterie: *Caldilinea*, *Arthrobacter*, *Cellulosimicrobium* i *Promicromonospora*, a BPS: *Dactylosporangium*, *Geodermatophilus* i *Sphingopyxis*.
  8. Wykazanie, że odpowiedź enzymów glebowych na działanie bisfenoli może być zróżnicowana, przy czym aktywność dehydrogenaz, ureazy i fosfatazy kwaśnej, może być wiarygodnym parametrem w biomonitoringu gleb uprawnych zanieczyszczonych związkami fenolowymi.
  9. Wyizolowanie z gleby bakterii i grzybów pleśniowych opornych na działanie bisfenoli i w konsekwencji stworzenie konsorcjum bakterii skutecznego w bioaugmentacji o składzie: *Pseudomonas umsongensis*, *Bacillus mycoides*, *Bacillus weihenstephanensis* i *Bacillus subtilis* oraz rozpoznanie mniejszej skuteczności konsorcjum grzybów o następującym składzie: *Mucor circinelloides*, *Penicillium daleae*, *Penicillium chrysogenum* i *Aspergillus niger*.
  10. Biostymulacja gleby *Chlorella* sp. w większym stopniu niż Ramnolipid 90 przywracała równowagę gleb poddanych presji bisfenoli. Nie jest jednak zalecane promowanie jej jako

skutecznej substancji biostymulującej poprawiającej żyzność gleb uprawnych, z racji inhibicyjnego wpływu na plonowanie jęczmienia jarego.

11. Rozpoznanie przydatności i tym samym rekomendowanie kwasu humusowego w odnowie biologicznej gleby zagospodarowanej rolniczo.

## Literatura

- SALTHAMMER T. 2020. *Emerging indoor pollutants*. International Journal of Hygiene and Environmental Health. 224: 113423.
- RESEARCH AND MARKETS. *ComGlobal bisphenol A market report 2018: Analysis 2013–2017 & Forecasts 2018–2023* [WWW Document]. URL <https://www.prnewswire.com/news-releases/global-bisphenol-a-market-report-2018-analysis2013-2017-forecasts-2018-2023-300757673.html>
- CHEN D., KANNAN K., TAN H., ZHENG Z., FENG Y.L., WU Y., WIDELKA M. 2016. *Bisphenol analogues other than BPA: environmental occurrence, human exposure, and toxicity-A review*. Environmental Science & Technology. 50: 5438-5453.
- HOSSAIN, A., KRUPNIK, T.J., TIMSINA, J., MAHBOOB, M.G., CHAKI, A.K., FAROOQ, M. 2020. *Agricultural land degradation: processes and problems undermining future food security*. In: Fahad, S., Hasanuzzaman, M., Alam, M., Ullah, H., Saeed, M., Ali Khan, I., Adnan, M. (Eds.), Environment, Climate, Plant and Vegetation Growth. Springer International Publishing, Cham, pp. 17–61.
- BISPHENOL S. 2014. National Toxicology Program. <https://ntpsearch.niehs.nih.gov/?query=bisphenol+S&e=False&suffixes=false>
- PÉREZ R.A., ALBERO B., FERRIZ M., TADEO J.L. 2017. *Rapid multiresidue determination of bisphenol analogues in soil with on-line derivatization*. Analytical and Bioanalytical Chemistry. 409: 4571-4580.
- UZER A., ERCAG E., PARLAR H., APAK R., FILIK H. 2006. *Spectrophotometric determination of 4,6-dinitro-o-cresol (DNOC) in soil and lemon juice*. Analytica Chimica Acta. 580: 83-90.
- CHEN, M.; XU, P.; ZENG, G.; YANG, C.; HUANG, D.; ZHANG, J. 2015. *Bioremediation of soils contaminated with polycyclic aromatic hydrocarbons, petroleum, pesticides, chlorophenols and heavy metals by composting: Applications, microbes and future research Needs*. Biotechnology Advances. 33, 745–755.
- BALDÉ, C.P.; FORTI, V.; GRAY, V.; KUEHR, R.; STEGMANN, P. 2017. *The Global E-Waste Monitor—2017; United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) and International Solid Waste Association: Bonn, Germany; Geneva, Switzerland; Vienna, Austria*, pp. 1–116.
- LANDAU, M.V.; KALIYA, M.L.; HERSKOWITZ, M. 2001. *Ammoxidation of p-cresol to p-hydroxybenzoxonitrile high - performance boria - phosphoria supported catalysts*. Applied Catalysis A: General. 208 (1-2):21 - 34
- GUPTA, R. K., SCHUH, R. A., FISKUM, G., FLAWS, J. A. 2006. *Methoxychlor causes mitochondrial dysfunction and oxidative damage in the mouse ovary*. Toxicology and Applied Pharmacology 216: 436–445.
- SAD, M. E.; PADRO, C. L.; APESTEGUI C. R. 2008. *Synthesis of cresols by alkylation of phenol with methanol on solid acids*. Catalysis Today. 133 – 135: 720 – 728.
- DORAN, J.W., ZEISS, M.R. 2000. *Soil health and sustainability: Managing the biotic component of soil quality*. Applied Soil Ecology. 15: 3–11.
- SCHMIDT B., SCHUPHAN I. 2002. *Metabolism of the environmental estrogen bisphenol A by plant cell suspension cultures*. Chemosphere. 49: 51–59.
- PAN W.J., XIONG C., WUA Q.P., LIU J.X., LIAO H.M., CHEN W., LIU Y.S., ZHENG L. 2013. *Effect of BPA on the germination, root development, seedling growth and leaf differentiation under different light conditions in Arabidopsis thaliana*. Chemosphere. 93:2585–2592.
- ADAMAKIS I.D.S., PANTERIS E., CHERIANIDOU A., ELEFThERIOU E.P. 2013. *Effects of bisphenol A on the microtubule arrays in root meristematic cells of Pisum sativum L.* Mutation Research. 750: 111–120
- LICHTFOUSE E., NAVARRETE M., DEBAEKE P., SOUCHERE V., ALBEROLA C., MENASSIEU J. 2009. *Agronomy for sustainable agriculture. A review*. Agronomy for Sustainable Development. 29: 1–6.
- GIANFREDA L. 2015. *Enzymes of importance to rhizosphere processes*. Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 15(2): 283-306.
- PREISNER M., WOJTASIK W., KOSTYN K., BOBA A., CZUJ T., SZOPA J., KULMA A. 2018. *The cinnamyl alcohol dehydrogenase family in flax: differentiation during plant growth and under stress conditions*. Journal of Plant Physiology. 221: 132–143.
- DOMÍNGUEZ-HERNÁNDEZ E., GAYTÁN-MARTÍNEZ M., GUTIÉRREZ-URIBE J. A., DOMÍNGUEZ-HERNÁNDEZ M. E. 2022. *The nutraceutical value of maize (Zea mays L.) landraces and the determinants of its variability: A review*, Journal of Cereal Science. 103, 103399.



- JIAN H., ZHANG A., MA J., WANG T., YANG B., SHUANG L.S., LIU L. 2019. *Joint QTL mapping and transcriptome sequencing analysis reveal candidate flowering time genes in Brassica napus L.* BMC Genomics. 20, 21.
- FAOSTAT, 2019 FAOSTAT Production and Trade. FAO, Rome, Italy. 2019. <https://www.fao.org/3/ca6030en/ca6030en.pdf>
- MOLINA-MOLINA J.M., AMAYA E., GRIMALDI M., SAENZ J.M., REAL M., FERNANDEZ M.F. 2013. *In vitro study on the agonistic and antagonistic activities of bisphenol-S and other bisphenol-A congeners and derivatives via nuclear receptors.* Toxicology and Applied Pharmacology. 272: 127-136.
- MOKRA K., KUŹMIŃSKA-SUROWANIEC A., WOŹNIAK K., MICHAŁOWICZ J. 2017. *Evaluation of DNA-damaging potential of bisphenol A and its selected analogs in human peripheral blood mononuclear cells (in vitro study).* Food and Chemical Toxicology. 100: 62-69.
- ROTIMI, O.A.; OLAWOLE, T.D.; DE CAMPOS, O.C.; ADELANI, I. B.; ROTIMI, S. O. 2021. *Bisphenol A in Africa: A review of environmental and biological levels.* Science of The Total Environment. 764: 142854.
- TROISI, J.; MIKELSON, C.; RICHARDS, S.; SYMES, S.; ADAIR, D.; ZULLO, F.; GUIDA, M. 2014. *Placental concentrations of bisphenol A and birth weight from births in the Southeastern US.* Placenta. 35: 947-952.
- STEIN, T.P.; SCHLUTER, M.D.; STEER, R.A.; GUO, L.; MING, X. 2015. *Bisphenol A exposure in children with autism spectrum disorders.* Autism Research. 8: 272-83.
- LEE, H. J.; CHATTOPADHYAY. S.; GONG, E. Y., AHN, R. S., LEE, K. 2003. *The xenoestrogen bisphenol A induces inappropriate androgen receptor activation and mitogenesis in prostatic adenocarcinoma cells.* Toxicology Science. 75: 40-46.
- SONG, H., ZHANG, T., YANG, P., LI, M., YANG, Y., WANG, Y., DU, J., PAN, K., ZHANG, K. 2015. *Low doses of bisphenol A stimulate the proliferation of breast cancer cells via ERK1/2/ERR $\gamma$  signals.* Toxicol. in Vitro 30: 521-528.
- BISPHENOL A. 2013. SUMMARY OF BISPHENOL A (BPA) REGULATION (2ND EDITION) (CPIE-018-13). Available from: URL: [https://www.mts-global.com/en/news\\_details.html?lang=en&id=122](https://www.mts-global.com/en/news_details.html?lang=en&id=122)
- MERCEA P. 2009. *Physicochemical processes involved immigration of bisphenol A from polycarbonate.* Journal of Applied Polymer Science. 112: 579-593.
- NGUYEN T.T.H., LI S., LI J., LIANG T. 2013. *Micro-distribution and fixation of a rosin based micronized-copper preservative in poplar wood.* International Biodeterioration & Biodegradation. 83: 63-70.
- ZHU X., WU X., YAO J., WANG F., LIU W., LUO Y., JIANG X. 2018. *Toxic effects of binary toxicants of cresol frother and Cu (II) on soil microorganisms.* International Biodeterioration & Biodegradation. 128: 155-163.
- SCHIMEL J., BECERRA C. A., BLANKINSHIP J. 2017. *Estimating decay dynamics for enzyme activities in soils from different ecosystems.* Soil Biology & Biochemistry. 114: 5-11.
- BURNS R.G., DE FOREST J.L., MARXSEN J., SINSABAUGH R.L., STROMBERGER M.E., WALLENSTEIN M.D., WEINTRAUB M.N., ZOPPINI A. 2013. *Soil enzymes in a changing environment: current knowledge and future directions.* Soil Biology & Biochemistry. 58: 216-234.
- BUCKLEY S., ALLEN D., BRACKIN R., JÄMTGÅRD S., NÄSHOLM T., SCHMIDT S. 2019. *Microdialysis as an in situ technique for sampling soil enzymes.* Soil Biology & Biochemistry. 135: 20-27.
- BOROWIK A., WYSZKOWSKA J., KUCHARSKI M., KUCHARSKI J. 2020. *The role of Dactylis glomerata and diesel oil in the formation of microbiome and soil enzyme activity.* Sensors. 20: 3362.
- QUINTELLA C.M., MATA A.M.T, LIMA L.C.P. 2019. *Overview of bioremediation with technology assessment and emphasis on fungal bioremediation of oil contaminated soils.* Journal of Environmental Management. 241:156-166.
- LI Z., ZHANG Y., WANG Y., MEI R., ZHANG Y., HASHMI M.Z., LIN H., SU X. 2018. *A new approach of Rpf addition to explore bacterial consortium for enhanced phenol degradation under high salinity conditions.* Current Microbiology. 75(8): 1046-1054.
- SU X.M., WANG Y.Y., XUE B.B., ZHANG Y.G., MEI R.W., ZHANG Y., HASHMI M.Z., LIN H., CHEN J., SUN F. 2018. *Resuscitation of functional bacterial community for enhancing biodegradation of phenol under high salinity conditions based on Rpf.* Bioresource Technology. 261: 394-402.
- KALYANI D.C., TELKE A.A., SURWASE S.N., JADHAV S.B., LEE J.K., JADHAV J.P. 2012. *Effectual decolorization and detoxification of triphenylmethane dye Malachite Green (MG) by Pseudomonas aeruginosa NCIM 2074 and its enzyme system.* Clean Technologies Environmental Policy. 14: 989-1001.
- LIU Z., ZENG Z., ZENG G., LI J., ZHONG H., YUAN X., LIU Y., ZHANG J., CHEN M., LIU Y., XIE G. 2012. *Influence of rhamnolipids and Triton X-100 on adsorption of phenol by Penicillium simplicissimum.* Bioresource Technology. 110: 468-473.
- FURMAŃCZYK E.M., KAMIŃSKI M., DZIEMBOWSKI A., LIPIŃSKI L., SOBCZAK A. 2017. *Draft Genome Sequence of the Type Strain Pseudomonas umsongensis DSM 16611.* Genome Announcements. 5: 39.
- XUE F., YA X., TONG Q., XIU Y., HUANG H. 2018. *Heterologous overexpression of Pseudomonas umsongensis halohydrin dehalogenase in Escherichia coli and its application in epoxide asymmetric ring opening reactions.* Process Biochemistry. 75: 139-145.



- SETLHARE B., KUMAR A., MOKOENA M.P., PILLAY B., OLANIRAN A.O. 2020. *Phenol hydroxylase from Pseudomonas sp. KZNSA: Purification, characterization and prediction of three-dimensional structure*. International Journal of Biological Macromolecules. 146:1000-1008.
- LIU, J. W.; PAN, D. D.; WU, X. W.; CHEN, H. Y.; CAO, H.; LI, Q. X.; HUA, R. 2018. *Enhanced degradation of prometryn and other s-triazine herbicides in pure cultures and wastewater by polyvinyl alcohol-sodium alginate immobilized Leucobacter sp. JW-1*. Science of the Total Environment. 615: 78–86.
- LI, Z., CUI, J., MI, Z., TIANA, D., WANG, J., MA, Z., WANG, B., CHEN, H. Y. H., NIU, S. 2019. *Responses of soil enzymatic activities to transgenic Bacillus thuringiensis (Bt) crops - a global meta-analysis*. Science of the Total Environment. 651: 1830–1838
- BAI, N., WANG, S., SUN, P., ABUDUAINI, R., ZHU, X., ZHAO, Y. 2018. *Degradation of nonylphenol polyethoxylates by functionalized Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticle-immobilized Sphingomonas sp Y2*. Science of the Total Environment. 615: 462 – 468.
- KOLVENBACH B.A., HELBLING D.E., KOHLER H.E., CORVINI P.F. 2014. *Science Direct Emerging chemicals and the evolution of biodegradation capacities and pathways in bacteria*. Current Opinion in Biotechnology. 27: 8-14.
- HERMANS S. M., LEAR G., CASE B. S., BUCKLEY H. L. 2023. *The soil microbiome: An essential, but neglected, component of regenerative agroecosystems*. Iscience. 26(2), 106028.
- TANAKA Y., SASAKI N., OHMIYA A. 2008. *Biosynthesis of plant pigments: anthocyanins, betalains and carotenoids*. The Plant Journal. 54:733-749.
- KONG X., GAO H., SONG X., DENG Y., ZHANG Y. 2020. *Adsorption of phenol on porous carbon from Toona sinensis leaves and its mechanism*. Chemical Physics Letters. 739: 137046.
- LI F., JIANG B., NASTOLD P., KOLVENBACH B.A., CHEN J., WANG L., GUO H., FRANÇOIS-XAVIER CORVINI P., JI R. 2015. *Enhanced transformation of tetrabromobisphenol A by nitrifiers in nitrifying activated sludge*. Environmental Science & Technology. 49: 4283–4292.
- KALMYKOVA Y., BJÖRKLUND K., STRÖMVALL A.M., BLOM L. 2013. *Partitioning of polycyclic aromatic hydrocarbons, alkylphenols, bisphenol A and phthalates in landfill leachates and stormwater*. Water Research. 47: 1317 -1328.
- LU Z., LIN K., GAN J. 2011. *Oxidation of bisphenol F (BPF) by manganese dioxide*. Environmental Pollution. 159(10): 2546-2551.
- URASE T., MIYASHITA K. 2003. *Factors affecting the concentration of bisphenol A in leachates from solid waste disposal sites and its fate in treatment processes*. Journal of Material Cycles and Waste Management. 5: 0077-0082.
- LI J., JIANG J., ZHOU Y., PANG S., GAO Y., JIANG C., MA J., JIN Y., YANG Y., LIU G. 2017. *Kinetics of oxidation of iodide (I<sup>-</sup>) and hypiodous acid (HOI) by peroxymonosulfate (PMS) and formation of iodinated products in the PMSI-/NOM system*. Environmental Science & Technology Letters. 4(2): 76-82.

#### **4.4. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych**

Wykaz i kopie cyklu publikacji wchodzących w skład pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych zamieszczono w Załączniku [6].

##### **4.4.1. Przed uzyskaniem stopnia doktora**

Istotnym etapem w wybudzeniu pasji do zgłębiania wiedzy naukowej były studia wyższe na kierunku Ochrona Środowiska, Wydziału Ochrony Środowiska i Rybactwa, Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, uwieńczone uzyskaniem w 2001 roku tytułu magistra. Podczas pisania pracy magisterskiej pt: „Zooplankton rzeki Łyny na odcinku Brzeziny - Posorty” realizowanej w Katedrze Ekologii Stosowanej moje zainteresowania naukowe zaczęły oscylować wokół znaczenia mikrobiomu ekosystemów wodnych, co przyczyniło się do podjęcia również w roku 2001 studiów doktoranckich w systemie stacjonarnym w Katedrze Mikrobiologii, Wydziału Kształtowania Środowiska i Rolnictwa, Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie. W międzyczasie, ukończyłam roczne studia podyplomowe na kierunku finanse i rachunkowość w

Wyższej Szkole Bankowości, Finansów i Zarządzania w Warszawie, oddz. w Olsztynie. Ponadto od dnia 01.03.2002 r. zostałam zatrudniona w Katedrze Mikrobiologii na stanowisku asystenta, w której kierownikiem był **prof. dr hab. dr h. c. Jan Kucharski**. Dołączyłam również do składu zespołu wykonawców realizujących badania finansowane z działalności statutowej wydziału, pt: ” Relacje między aktywnością drobnoustrojów a plonowaniem roślin” (kierownik: prof. dr hab. Jadwiga Wyszowska) uczestnicząc w badaniach laboratoryjnych z zakresu mikrobiologii i biochemii gleby, realizując również główne cele badawcze mojej pracy doktorskiej. Wsparcie naukowe ze strony kadry naukowej oraz odbycie dwóch intensywnych, 3 - miesięcznych, staży zawodowych w gospodarstwie rolnym w roku 2003 i 2004, dały mi możliwość poszerzenia wiedzy z zakresu mikrobiologii gleb wykorzystywanych rolniczo, szczególnie pod uprawę zbóż. Wyniki naukowe uzyskane podczas pracy w ciągu trzech lat (**2001 – 2004**) stały się podstawą mojej przyszłej rozprawy doktorskiej pt: „Wpływ zanieczyszczenia gleby cynkiem na jej aktywność biologiczną”, wykonywanej pod promotorstwem prof. dr. hab. Jadwigi Wyszowskiej. Rozprawę doktorską obroniłam z wyróżnieniem przed Komisją Doktorską, a **25.11.2004 roku [Zał. 2]** Rada Wydziału Kształtowania Środowiska i Rolnictwa, Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie nadała mi stopień naukowy doktora nauk rolniczych w zakresie kształtowania środowiska, specjalność: mikrobiologia środowiskowa. Recenzentami rozprawy byli: prof. dr hab. Jan Kucharski (Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa, Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie) i prof. dr hab. Andrzej Nowak (Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie).

Ponadto, w okresie przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora opublikowałam współautorską pracę, której celem było określenie skali pozytywnych skutków wapnowania oraz szczepienia Nitraginą określonej przez pryzmat stymulacji aktywności biochemicznej gleby poddanej kontaminacji chromem (VI) [Zał. 4: II.4B.1]. W wyniku badań stwierdzono, że chrom (VI) jest silnym inhibitorem aktywności dehydrogenaz, ureazy, fosfatazy kwaśnej i fosfatazy alkalicznej, co skutkowało obniżeniem wartości biochemicznego wskaźnika potencjalnej żyzności gleby (BA). Próba stymulacji tego parametru poprzez wapnowanie i szczepienie nitraginą nie przyniosła oczekiwanych efektów. Nie niwelowała negatywnego oddziaływania chromu (VI) na aktywność enzymatyczną, przy czym wzbogacenie gleby w bakterie symbiotyczne indukowało wzrost aktywności dehydrogenaz, a wapnowanie nieznacznie ureazy. Pozytywna reakcja dehydrogenaz na zastosowanie szczepionki Nitraginy wynika z faktu, że enzymy te są istotnym elementem systemu enzymatycznego wszystkich żyjących mikroorganizmów. Nie zaobserwowano również spektakularnego, korzystnego wpływu bobiku na poprawę kondycji gleby zanieczyszczonej metalem ciężkim, który notabene zaburzył wzrost i rozwój rośliny.

Uzyskane wyniki badań stały się inspiracją do podejmowania holistycznych analiz gleb wykorzystywanych rolniczo, uwzględniających jak najszerszą pulę czynników badanych, w tym odpowiedź roślin uprawnych, na presję metali ciężkich oraz zanieczyszczeń organicznych, stawiających za cel weryfikację i rozwiązania problemów badawczych dotyczących zarówno mojej rozprawy doktorskiej jak i kolejnych badań podejmowanych w trakcie rozwoju naukowego.

W okresie przed doktoratem uczestniczyłam w 1 konferencji międzynarodowej [Zał. 4: II.7.1] i 1 konferencji krajowej [Zał. 4: II.7.2], na których prezentowałam wyniki w formie dwóch posterów, z których ukazały się również komunikaty [Zał. 4: II. 4D.1; II.4D.2].

#### **4.4.2. Po uzyskaniu stopnia doktora**

Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora nauk rolniczych, w ciągu kolejnych trzech lat, skupiałam się na publikowaniu wyników badań ujętych w rozprawie doktorskiej, które zawarłam w 8 publikacjach [Zał. 4: II. 4.B.2; II. 4.B.4; II. 4.B.5; II. 4.B.6; II. 4.B.7; II. 4.B.8; II. 4.B.9; II. 4.B.10] oraz na realizacji moich zainteresowań naukowych skoncentrowanych na zagadnieniach wpływu metali ciężkich: kadmu, molibdenu, cyny i kobaltu na aktywność biologiczną gleb uprawnych. W międzyczasie, z dniem 21.01.2005 r., zostałam zatrudniona na stanowisku adiunkta w Katedrze Mikrobiologii, Wydziału Kształtowania Środowiska i Rolnictwa, Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie. W 2007 roku, by poszerzyć wiedzę z zakresu mikrobiologii gleb przystąpiłam do dwóch towarzystw naukowych: Międzynarodowej Unii Towarzystw Gleboznawczych. International Union of Soil Science oraz Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego [Zał. 4: II. 10.1; II. 10.2].

Kolejną pulę wyników badań finansowanych z działalności statutowej wydziału, pt: "Rola drobnoustrojów i enzymów w monitoringu środowiska" (kierownik: prof. dr hab. Jadwiga Wyszowska) sukcesywnie publikowałam od roku 2014, z racji przerwy na ścieżce rozwoju naukowego, związanej z podjęciem urlopu wychowawczego od **01.04.2008 r do 1.10.2013 r.** Prace badawcze zaowocowały 8 publikacjami, w tym 6 z listy JCR. Ukoronowaniem tego etapu mojej pracy zawodowej było otrzymanie 01.12.2016 r. nagrody indywidualnej II stopnia JM Rektora Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, za osiągnięcia w dziedzinie naukowej. W 2014 roku przystąpiłam również do Polskiego Towarzystwa Mikrobiologów, oddział w Olsztynie, w którym obecnie pełnię funkcję członka zarządu [Zał. 4: II. 10.3], a w 2017 roku do Polskiego Towarzystwa Magnezologicznego im. Prof. Juliana Aleksandrowicza [Zał. 4: II. 10.4]. W latach 2016 - 2020 byłam również członkiem Rady Wydziału Kształtowania Środowiska i Rolnictwa. Po przerwie w rozwoju naukowym zostałam włączona w skład zespołu wykonawców realizujących

kolejne badania finansowane z działalności statutowej wydziału [Zał. 4: II. 9.2.3], dzięki którym, paralelnie do opracowywania wyników naukowych dotyczących problemu zanieczyszczenia gleb rolniczych metalami ciężkimi, skupiłam się na prowadzeniu badań odnoszących się do określenia skali potencjalnie inhibicyjnego oddziaływania związków fenolowych na mikrobiom gleby. Zainteresowanie tym problemem badawczym wynikało z niewspółmiernie wąskiej puli wyników badań na arenie międzynarodowej, opisujących wpływ tych ksenobiotyków na aktywność biologiczną gleb wykorzystywanych rolniczo, do szeroko opisanego zagadnienia ich toksyczności dla człowieka. Pokłosiem tej aktywności naukowej było zostanie **kierownikiem projektu NCN:** „Mikrobiologiczna transformacja gleb zanieczyszczonych związkami fenolowymi” uzyskanego w konkursie **MINIATURA 1** realizowanego od 18.10.2017 r. do 17.10. 2018 r. [Zał. 4: II. 9.1.1]. Wyniki tych badań korespondowały z panującymi wówczas trendami skupionymi na poszukiwaniu rozwiązań przywracających równowagę środowiska glebowego w skali globalnej. Dlatego prezentacja uzyskanych wyników badań na 3 konferencjach naukowych o zasięgu krajowym [Zał. 4: II. 7.4; II. 7.25; II. 7.26] oraz międzynarodowym [Zał. 4: II. 7. 9] zaszczepiła ciekawość naukową badaczy i stała się dla mnie silnym bodźcem do opublikowania wyników badań w jak najlepszych czasopiśmie naukowych. Stały się one również podstawą osiągnięcia habilitacyjnego pt: „Aktywność biologiczna gleb rolniczych kształtowana przez bisfenole”, które zostało opisane w rozdziale 4 (strony: 4 - 26).

Przez cały czas pracy na stanowisku adiunkta permanentnie podnoszę kwalifikacje i od 2014 roku uczestniczyłam w **44** kursach [Zał. 4: II.11.2], szkoleniach i warsztatach uwiarygadniających moje kompetencje jako pracownika badawczo-dydaktycznego, w tym **7** podnoszących moje kompetencje naukowe [Zał. 4: II.11.2.1 - II. 11.2.7], **17** podnoszących kompetencje dydaktyczne [Zał. 4: II.11.2.8 - II. 11.2.23] oraz **20** podnoszących kompetencje społeczne [Zał. 4: II.11.2.24 - II. 11.2.7.44].

**Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora poza osiągnięciem głównym (pkt. 4),** moje zainteresowania naukowe skupiły się wokół następujących problemów:

- 1. Mikrobiologiczne i biochemiczne fluktuacje w glebach rolniczych wywołane przez metale ciężkie.**
- 2. Relacje między zawartością krezoli a wartością biologiczną gleb.**

W ramach **pierwszego osiągnięcia badawczego** „Mikrobiologiczne i biochemiczne fluktuacje w glebach rolniczych wywołane przez metale ciężkie” obok **8** publikacji naukowych grupujących tematycznie materiał badawczy z rozprawy doktorskiej, [Zał. 4: II. 4.B.2; II. 4.B.4; II. 4.B.5; II. 4.B.6; II. 4.B.7; II. 4.B.8; II. 4.B.9; II. 4.B.10] powstało również **11** publikacji z listy JCR

[Zał. 4: II. 4A.7 - II. 4A.13; II. 4A.18 - II. 4A.21] oraz 2 z poza listy JCR [Zał. 4:II. 4B.11 – II. 4B.12] jak również 9 komunikatów z konferencji naukowych [Zał. 4: II. 4D.3 - 4D.6; II. 4D.11 - II. 4D.13].

Na podstawie wyników badań zespolonych w rozprawie doktorskiej pt: „Wpływ zanieczyszczenia gleby cynkiem na jej aktywność biologiczną” wykazano, że kontaminacja gleby cynkiem drastycznie hamuje plonowanie zarówno jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare* L.) jak i rzepaku jarego (*Brassica napus*), uprawianych w plonie głównym, jak i roślin następczych kukurydzy (*Zea mays*) i owsa (*Avena sativa* L.), przy czym mniej wrażliwe na toksyczność cynku okazały się jęczmień jary i kukurydza.

Dowodzono również, że liczebność drobnoustrojów w glebie jest silnie modyfikowana przez zakumulowany w niej cynk, za co, obok właściwości fizycznych i chemicznych gleb, odpowiedzialne są również morfologiczne, fizjologiczne oraz genetyczne właściwości poszczególnych gatunków, dzięki którym reakcja na nadmiar cynku w glebie była zróżnicowana. Metal ten silnie toksycznie oddziaływał na namnażanie w podłożach płynnych: *Sarcina lutea*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*, *Escherichia coli*, *Azotobacter* spp., *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae*, *Arthrobacter* spp., *Proteus vulgaris*, *Bradyrhizobium* sp. (lupini), *Bacillus cereus* i *Pseudomonas fluorescens*. Na podłożach stałych najbardziej negatywnie na dyfundujący do podłoża cynk reagowały bakterie, następnie promieniowce i grzyby, a w doświadczeniach wegetacyjnych wazonowych, pierwiastek ten, występując w nadmiarze, hamował namnażanie bakterii koptotroficznych, oligotroficznych, amonifikacyjnych, immobilizujących azot, *Azotobacter* spp. i promieniowców z wyjątkiem grzybów i bakterii celulolitycznych. Należy jednak podkreślić, iż silny moderujący wpływ na zaobserwowane korelacje miało pH gleby. Reakcja drobnoustrojów jest wynikiem zdolności cynku do przechodzenia w formy rozpuszczalne, której eskalacja obserwowana jest w glebach kwaśnych. W glebie o odczynie obojętnym liczebność wszystkich grup z wyjątkiem *Azotobacter* spp. była skorelowana dodatnio ze stopniem zanieczyszczenia gleby cynkiem.

Konkludując wyniki badaczy stwierdzających, że aktywność enzymatyczna jest ściśle powiązana z parametrami fizycznymi i chemicznymi gleb, determinuje żyzność gleb i produktywność roślin uprawnych, prześledzono reakcję dehydrogenaz, ureazy, fosfatazy kwaśnej i alkalicznej na presję wzrastających dawek cynku w glebie. Z racji tego, że to właśnie te cztery enzymy są wykorzystywane jako najbardziej wiarygodne wskaźniki służące do oszacowania jakości gleb, dowiedziono, że w glebach kwaśnych zanieczyszczenie gleby cynkiem zaburza istotnie jej metabolizm, zmniejszając wartość potencjalnego biochemicznego wskaźnika żyzności gleb (BA<sub>21</sub>).



Cennych wyników badań dostarczyło określenie wpływu cynku na proces amonifikacji kwasu L-asparaginowego, L-argininy, L-alaniny i mocznika oraz proces nityfikacji azotu amonowego. Dowiedziono, iż zanieczyszczenie gleby cynkiem silniej hamuje proces nityfikacji niż amonifikacji, co wynika z wyższych wymagań w stosunku do środowiska ze strony chemolitotrofów, którymi są bakterie nityfikacyjne. Wykazano również, że mineralizacja mocznika przebiega intensywniej niż wyżej wymienionych aminokwasów.

Zarekomendowano również sposoby łagodzenia skutków skażenia gleby cynkiem. Jest nim używanie gleby drobno zmieloną słomą, w mniejszym stopniu trocinami. Wzbogacenie gleby drobno zmieloną słomą jęczmienną stymulowało namnażanie się wszystkich grup drobnoustrojów. Niwelowało również negatywny wpływ wzrastających dawek cynku na aktywność enzymatyczną, generując tym samym wzrost wartości potencjalnego biochemicznego wskaźnika żyzności gleby (BA). Celuloza jest substancją biostymulującą również skutecznie poprawiającą mikrobiologiczne i biochemiczne właściwości gleby.

Nadrzędnym celem publikacji przypisanych do omawianego problemu badawczego, z wykluczeniem publikacji powstałych na kanwie rozprawy doktorskiej, było określenie skali negatywnego oddziaływania metali ciężkich: cynku, miedzi, niklu, kadmu, kobaltu, cyny, molibdenu i chromu (VI) na:

- 1) wzrost i rozwój roślin;
- 2) liczebność bakterii organotroficznych, bakterii amonifikacyjnych, bakterii immobilizujących azot, bakterii kopiotroficznych, bakterii kopiotroficznych przetrwalnikujących, bakterii oligotroficznych, bakterii oligotroficznych przetrwalnikujących, bakterii celulolitycznych, *Arthrobacter* sp., *Pseudomonas* sp., *Azotobacter* sp., promieniowców i grzybów;
- 3) aktywność dehydrogenaz, katalazy, ureazy, fosfatazy kwaśnej, fosfatazy alkalicznej, arylosulfatazy,  $\beta$ -glukozydazy;
- 4) indeks rozwoju kolonii (CD) oraz współczynnik ekofizjologicznej różnorodności drobnoustrojów (EP);
- 5) różnorodność genetyczną bakterii oraz grzybów;

Celem oryginalnych prac twórczych było również określenie roli substancji biostymulujących oraz remediujących w przywracaniu równowagi biologicznej gleby.

Rozpoznanie wszelkich uwarunkowań oddziaływania cynku na gleby uprawne w rozprawie doktorskiej stało się ważną matrycą do przeprowadzenia badania, w którym określono różnice w toksyczności cynku, niklu i miedzi na plonowanie słonecznika (*Helianthus annuus* L.) oraz parametry mikrobiologiczne i biochemiczne gleby [Zał. 4: II. 4A.19]. Wykazano, iż istotnie

negatywnie na wzrost i rozwój słonecznika oddziaływał jedynie nikiel, co korespondowało z reakcją mikrobiomu gleb na ten pierwiastek.

Mimo że wszystkie metale ciężkie zakłócały równowagę mikrobiologiczną gleby powodując obniżenie liczebności bakterii organotroficznych, promieniowców oraz grzybów, to cynk okazał się łagodniejszym inhibitorem liczebności mikroorganizmów niż miedź i nikiel, który notabene był najbardziej toksycznym ze wszystkich metali. Wartości indeksu CD dowiodły, że metale ciężkie zmieniały relacje między drobnoustrojami szybko i wolnorosnącymi, powodując przesunięcie równowagi bakterii organotroficznych i promieniowców ze strategii r na strategię K, grzybów z kolei ze strategii K na strategię r. Ekofizjologiczna różnorodność (EP) grzybów istotnie zwiększała się pod wpływem działania cynku, a bakterii organotroficznych zmniejszała pod presją niklu. Uzyskane tendencje miały swoje odzwierciedlenie w reakcji enzymów glebowych na aplikowane metale. Ujemne wartości indeksów wpływu metali ( $IF_{Hm}$ ) wyeksponowały większą toksyczność niklu i miedzi dla wszystkich analizowanych enzymów, natomiast na cynk negatywnie zareagowały dehydrogenazy, katalaza, fosfataza kwaśna, fosfataza alkaliczna i arylosulfataza, z wyłączeniem ureazy i  $\beta$ -glukozydazy. Zarówno zeolit (w przypadku miedzi i cynku) jak i sepiolit (niklu) w największym stopniu łagodziły zaburzenia wywołane przez testowane metale w glebie.

W badaniach opisanych w publikacji [Zał. 4: II. 4A.20]. dowiedziono również, że zanieczyszczenie gleby  $150 \text{ mg Cu kg}^{-1}$  s.m. powoduje znaczny wzrost zawartości tego pierwiastka w częściach nadziemnych (o 37%) i korzeniach (o 144%) słonecznika. Haloizyt jest w stanie obniżyć zawartość miedzi w częściach nadziemnych aż o 35%. Z kolei metal ten indukuje spadek zawartości kadmu i żelaza oraz wzrost zawartości niklu, ołowiu i kobaltu w częściach nadziemnych i korzeniach w *Helianthus annuus* L. Sito molekularne miało największy, a keramzyt najmniejszy wpływ redukujący na zawartość pierwiastków śladowych w częściach nadziemnych słonecznika. **Publikacja powstała dzięki współpracy z Katedrą Chemii Rolnej i Środowiskowej, Wydziału Rolnictwa i Leśnictwa Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie.**

W tym obszarze badawczym dużo uwagi poświęcono określeniu skali negatywnego oddziaływania kadmu na wzrost i rozwój jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare* L.), owsa (*Avena sativa* L.) oraz mikrobiom gleb użytkowanych rolniczo. Wyniki badań ujęto w 6 publikacjach, w tym 5 z listy JCR [Zał. 4: II. 4A.7 - II. 4A.9; II. 4A.11; II. 4A.13] i jednej z poza listy JCR [Zał. 4: II. 4B.10]. Wrażliwość roślin na zanieczyszczenie kadmem okazała się być cechą gatunkową. Owies (*Avena sativa* L.) był bardziej wrażliwy na nadmiar kadmu niż jęczmień jary (*Hordeum vulgare* L.) i jedynie kompost niwelował negatywny wpływ tego metalu ciężkiego na plonowanie jęczmienia jarego. Mimo to, na podstawie uzyskanych wartości efektu ryzosferowego (R:S) dowiedziono, iż obsianie gleby roślinami uprawnymi oddziaływało stymulująco na mikrobiom gleb. Wysoka

koncentracja kadmu w glebie wywarła jednak negatywny wpływ na namnażanie się mikroorganizmów. Pierwiastek ten okazał się istotnym inhibitorem namnażania bakterii kopiotroficznych, *Arthrobacter* sp., *Azotobacter* sp. oraz grzybów. Eskalacji tak negatywnego oddziaływania kadmu nie stwierdzono wobec bakterii amonifikacyjnych, bakterii immobilizujących, bakterii celulolitycznych oraz *Pseudomonas* sp..

Aby scharakteryzować złożone interakcje występujące w osnowie gleby użytkowanej rolniczo ocenie należy poddawać jej biochemiczne właściwości. Za najbardziej wiarygodne wskaźniki służące do oszacowania jakości gleb uważane są dehydrogenazy, ureaza i fosfatazy, co uwiarygodniły również uzyskane wyniki badań. Odpowiedź enzymów glebowych na wzrastającą presję kadmu (4 – 200 mg Cd kg<sup>-1</sup> s.m. gleby) wykazowała szczególną wrażliwość dehydrogenaz i ureazy oraz największą oporność katalazy i arylosulfatazy na aplikowany do gleby metal ciężki, generujących wartości potencjalnego biochemicznego wskaźnika żyzności gleb (BA). Wykazano także, że aby skutecznie przeciwdziałać skutkom nadmiernej kontaminacji gleby kadmem, należy pochylić się nad klasycznymi sposobami wzbogacenia jej w materię organiczną w postaci drobno zmielonej słomy jęczmiennej bądź mniej skutecznego kompostu. Zastosowanie słomy jęczmiennej indukowało wzrost parametrów mikrobiologicznych oraz aktywności enzymatycznej gleb uprawnych. Innowacyjne sposoby biostymulacji gleby w postaci aplikacji mączki bazaltowej i wyciągu z brunatnic (Labimar 10) nie przyniosły oczekiwanych efektów.

Zanieczyszczenie kadmem stało się jednym z głównych problemów na świecie, w wyniku przekroczonych dopuszczalnych limitów tego ksenobiotyku w uprawach. Poprzez badania opisane w publikacjach [Zał. 4: II. 4B.11; II. 4A.18] dowiedziono zarówno skali stresu biotycznego indukowanego przez ten metal jak i różnic w toksyczności kadmu, kobaltu i ołowiu, które również wzbudzają wiele kontrowersji jako ksenobiotyki na skutek licznych zaawansowanych technologicznie zastosowań. Ważne w badaniach było wykazanie, że zarówno kadm jak i kobalt zakłócają wzrost i rozwój słonecznika (*Helianthus annuus* L), części nadziemnej oraz korzenia, ale to kobalt bardziej spektakularnie hamuje syntezę chlorofilu. Inhibicyjny wpływ kadmu manifestował się szczególną wrażliwością bakterii organotroficznych wykazujących na 150 mg Cd kg<sup>-1</sup> s.m. gleby oraz zmniejszaniem ich indeksu CD, podobnie jak promieniowców, nadając tym grupom status strategów K. Aplikacja kobaltu spowodowała zahamowanie namnażania promieniowców i grzybów. Dehydrogenazy są enzymami wyjątkowo czułymi na presję kadmu, który okazał się silniejszym inhibitorem tych enzymów niż ołów i kobalt. Ponadto, negatywną odpowiedź na presję kadmu odnotowano w przypadku ureazy, a kobaltu wobec fosfatazy alkalicznej. Aktywność enzymatyczna była stymulowana jedynie przez zeolit, sepiolit oraz sito molekularne, które indukowało również wzrost biomasy *Helianthus annuus* L.

Losy kobaltu, najczęściej występującego w roztworze glebowym jako kation  $\text{Co}^{2+}$ , są moderowane przez wytrącanie, rozpuszczanie minerałów, wymianę jonową, adsorpcję, desorpcję, oraz pobieranie przez rośliny. Weryfikacja toksyczności tego metalu w publikacji [Zał. 4: II. 4A.10] została przeprowadzona w odniesieniu do cyny i molibdenu aplikowanych do gleby we wzrastających dawkach, choć są to metale o statusie pierwiastków śladowych, potrzebnych w środowisku w niewielkich ilościach. Wykazano iż wprowadzone do gleby ksenobiotyki, z wyjątkiem cyny, hamują drastycznie wzrost i rozwój jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare* L.) deformując system korzeniowy rośliny oraz doprowadzając do chlorozy liści. Czynnikiem moderującym w największym stopniu liczebność dwunastu grup mikroorganizmów była dawka metalu. Dlatego za negatywną reakcję tej samej grupy drobnoustrojów tj. *Arthrobacter* sp., *Azotobacter* sp., *Pseudomonas* sp., bakterii oligotroficznych, bakterii oligotroficznych przetrwalnikujących, bakterii celulolitycznych, bakterii koptotroficznych przetrwalnikujących oraz grzybów odpowiedzialność przypisano wszystkim trzem metalom: kobaltowi, cynie i molibdenowi. Dowiedziono, iż niezależnie od rodzaju zanieczyszczenia, najbardziej czułymi na metale są dehydrogenazy oraz ureaza, aczkolwiek najdotkliwiej równowagę gleby zaburzył kobalt, następnie molibden i cyna. Ustalono iż toksyczność kobaltu ujawnia się już na poziomie  $100 \text{ mg Co}^{2+} \text{ kg}^{-1}$  s.m. gleby, molibdenu w dawkach powyżej  $400 \text{ mg Sn}^{2+} \text{ kg}^{-1}$  s.m. gleby, a cyna nie zaburza w istotny sposób właściwości biochemicznych gleby.

Stres biotyczny wynikający z ekspozycji mikrobiomu glebowego na chrom (VI) był równie drastyczny w skutkach, tym razem dla *Zea mays*, istotnie hamując nie tylko plonowanie rośliny, ale obniżając też wartość jej wskaźnika zieloności [Zał. 4: II. 4A.22]. Wykazano, że jest to spowodowane akumulacją chromu (VI) zarówno w jej częściach nadziemnych jak i korzeniach. Grzyby były bardziej odporne na działanie chromu (VI) niż bakterie organotroficzne i promieniowce. Mimo to metal ten zmniejszył ekofizjologiczną różnorodność grzybów i spowolnił tempo namnażania bakterii organotroficznych, powodując przesunięcie reprezentantów ich zespołu ze strategów r do strategów K. Metal ten generował większe zmiany w strukturze społeczności bakterii niż grzybów. W glebie zanieczyszczonej chromem (VI) wykazano dominację bakterii z rodzajów: *Terracoccus*, *Paenibacillus*, *Phycioccus*, *Agrobacterium*, *Arthrobacter*, *Kribbella*, *Devosia*, *Burkholderia* i *Ramibacter* oraz grzybów: *Trichoderma*, *Penicillium*, *Sarocladium*, *Tallaromyces*, *Trichocladium*, *Didymella*, *Malassezia*, *Plenodomus*, *Endophoma*, które można uznać za drobnoustroje o potencjale bioremediacyjnym wobec tego pierwiastka. Kwas humusowy (HumiAgra) oraz uprawa *Zea mays* niwelowały negatywne oddziaływanie chromu (VI) zarówno na mikroorganizmy hodowlane jak i różnorodność bakterii i grzybów, co czyni je przydatnymi w rewitalizacji gleby zanieczyszczonej tym metalem.

Podsumowując opisywany obszar badawczy można stwierdzić jednoznacznie, że metale ciężkie są odpowiedzialne za hamowanie wzrostu i rozwoju roślin uprawnych czego konsekwencją jest nie tylko zmniejszenie ich plonu, ale również zaburzenie procesów fotosyntezy. Ponadto naruszają mikrobiom gleby, ingerując w struktury społeczności bakterii oraz grzybów. Zakłócają również biologiczną równowagę gleb uprawnych poprzez zmianę ich biochemicznych właściwości. Przedstawione powyżej wyniki wskazują na potrzebę rozwoju multiparametrycznych indeksów jasno określających różnice między systemami zarządzania glebą, jej zanieczyszczeniem i gatunkami roślin uprawnych najczęściej stosowanych w rolnictwie.

**Drugie osiągnięcie badawcze „Relacje między zawartością krezoli a wartością biologiczną gleb”** znalazło odzwierciedlenie w 3 publikacjach z listy JCR [Zał. 4: II. 4A.14; II. 4A.16; II.4A.17] oraz w 2 komunikatach z konferencji naukowych [Zał. 4: II.4D.14; II.4D.15].

Przebieg przeprowadzonych badań charakteryzujących ten obszar badawczy wygenerowały konstatacje badaczy ukazujące złożoność zagadnienia odnoszącego się do występowania i wpływu krezoli w środowisku z uwzględnieniem szeroko opisywanego potencjału degradacyjnego mikroorganizmów glebowych, usystematyzowane w pracy przeglądowej [Zał. 4: II. 4A.15]. Uwzględniono również fakt, że badania te nie były przeprowadzane wcześniej. Z tego względu nadrzędnym celem publikacji przypisanych do omawianego problemu badawczego [Zał. 4: II. 4A.17; II.4A.18] było określenie wpływu zanieczyszczenia gleby *o*-krezolem na:

- a) wzrost i rozwój jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare* L.);
- b) liczebność bakterii organotroficznych, bakterii oligotroficznych, bakterii amonifikacyjnych, bakterii immobilizujących azot, *Arthrobacter* sp., *Pseudomonas* sp., promieniowców i grzybów oraz aktywność dehydrogenaz, katalazy, ureazy, fosfatazy kwaśnej, fosfatazy alkalicznej, arylosulfatazy i  $\beta$ -glukozydazy;
- c) indeks rozwoju kolonii drobnoustrojów (CD) oraz współczynnik ekofizjologicznej różnorodności drobnoustrojów (EP);
- d) tempo degradacji *o*-krezolu w glebie.

W badaniach określono również skalę potencjalnie korzystnego oddziaływania mączki z mąki nowozelandzkiej *Perna canaliculus* na kondycję gleby poddanej presji tego związku fenolowego. Powyższe cele weryfikowano w doświadczeniach modelowych prowadzonych w warunkach wegetacyjnych wazonowych.

Mimo że jęczmień jary sam jest źródłem związków fenolowych, wykazano jego wrażliwość na wzrastającą presję *o*-krezolu. Przejawiała się ona zmniejszeniem masy korzenia już wobec

dopuszczalnego poziomu zanieczyszczenia, co niwelowała *Perna canaliculus*. Wykazano, że *o*-krezol w dawce dopuszczalnej ( $0.1 \text{ mg kg}^{-1}$  s.m. gleby) zarówno w glebie nieobsianej [Zał. 4: II. 4A.17] jak i obsianej [Zał. 4: II. 4A.16] korzystnie wpływa na parametry biochemiczne oraz mikrobiologiczne gleby. Najwyższy poziom zanieczyszczenia gleby związkiem fenolowym w obiektach nieobsianych wzmagał namnażanie bakterii organotroficznych, bakterii amonifikacyjnych, bakterii immobilizujących oraz promieniowców, podczas gdy w glebie obsianej jęczmieniem jarym najbardziej spektakularnie indukował liczebność bakterii organotroficznych i *Pseudomonas* sp. W glebie obsianej *o*-krezol zademonstrował inhibicyjny potencjał na grzybach, natomiast w glebie spod uprawianej rośliny ujawnił go dodatkowo wobec bakterii immobilizujących, bakterii amonifikacyjnych i promieniowców. Określenie wskaźników rozwoju kolonii drobnoustrojów (CD) oraz ekofizjologicznej różnorodności drobnoustrojów (EP) pogłębiło świadomość procesów inicjujących zaburzenie metabolizmu gleby. Presja tego ksenobiotyku zmniejszyła istotnie bioróżnorodność grzybów, ale też wygenerowała dominację drobnoustrojów szybkorosnących (strategii r) wśród bakterii organotroficznych i grzybów. Stwierdzono również, że *o*-krezol jest to związek fenolowy, który selekcionuje i pozostawia aktywne w glebie uprawnej bakterie przypisane do phylum *Proteobacteria*, w tym *Pseudomonas* sp. i *Azotobacter* sp. oraz do phylum *Acidobacteria* i *Bacteroidetes*. Eliminacja wpływu rośliny na różnorodność funkcjonalną gleby zanieczyszczonej *o*-krezolem przyczyniła się do uzyskania największej obfitości bakterii z rodzaju *Devosia*, *Bacillus* i *Arthrobacter* – reprezentantów odpowiednio *Proteobacteria*, *Firmicutes* i *Actinobacteria*, drobnoustrojów o potencjale biodegradacyjnym wobec krezoli.

Dowodzono, że biostymulacja mączką z małży nowozelandzkiej *Perna canaliculus* oddziałuje korzystnie na mikrobiom gleby, szczególnie na zwiększenie bioróżnorodności grzybów oraz liczebność *Arthrobacter* sp. i *Pseudomonas* sp., na co wskazują ustalone wysokie wartości wskaźnika wpływu (IF) tej substancji biostymulującej. *Perna canaliculus* spełniła oczekiwaną funkcję poprawy żyzności gleby na podstawie eskalacji stymulacji wobec aktywności katalazy, ureazy i arylosulfatazy w glebie obsianej jęczmieniem jarym. Stres biotyczny spowodowany kontaminacją gleby *o*-krezolem zaburzył homeostazę gleby i wyeksponował enzymy o największej wrażliwości na związek fenolowy, do których należą dehydrogenazy, fosfataza alkaliczna i  $\beta$ -glukozydaza w glebie spod jęczmienia jarego oraz fosfataza kwaśna, fosfataza alkaliczna i ureaza w glebie nieobsianej. Dezaktywacja enzymów wiąże się z obecnością katecholu, metabolitu pośredniego *o*-krezolu, który jest dużo silniejszym inhibitorem aktywności enzymów niż sam związek fenolowy.

Wykazano też, że siła inhibicji *o*-krezolu na właściwości biochemiczne zmniejsza się w czasie, co koresponduje z tempem degradacji związku fenolowego w glebie, którego ilość w 15. dniu badań



zmniejszyła się o 97,4% i o kolejne 1,40%, i 2,46% w 30 i 45. dniu. Wskaźnik efektu ryzosferowego (R:S) ujawnił, iż kompilacja obsiania gleby jęczmieniem jarym oraz zanieczyszczenia 50 mg *o*-krezolu kg<sup>-1</sup> s.m. gleby sprzyjała aktywacji katalazy i arylosulfatazy.

Wzrastającą presję zanieczyszczeń organicznych, w tym *o*-krezolu, szczególnie w glebach użytkowanych rolniczo, wygenerowała gwałtowna i niekontrolowana urbanizacja oraz industrializacja zagrażające jakości gleby, długotrwałemu użytkowaniu oraz utracie jej priorytetowych funkcji. Konkludując drugi obszar badawczy stwierdzono, iż monitoring gleb uprawnych narażonych na zachwianie równowagi w wyniku zanieczyszczenia *o*-krezolem powinien opierać się zdecydowanie na szerokiej puli zmiennych niezależnych, w tym określeniu zmian aktywności mikrobiologicznej oraz biochemicznej gleb.

Uwzględniając intensywny wzrost produkcji i tym samym wykorzystania środków ochrony roślin w rolnictwie, w publikacjach współautorskich niepowiązanych tematycznie z wyżej wymienionymi osiągnięciami badawczymi przeprowadzone badania odnosiły się do pomiaru reakcji zespołów mikroorganizmów oraz aktywności enzymów na aplikację do gleby użytkowanej rolniczo permytryny i cypermytryny [Zał. 4: II. 4A.22] oraz herbicydu Harpun 500 S.C. [Zał. 4: II.4B.3]. Uwzględniono fakt, iż zarówno rozprzestrzenianie z natury toksycznych pyretroidów w glebach wykorzystanych pod uprawę roślin, ich produkcja jak i dystrybucja wymagają permanentnego monitorowania skutków ich stosowania. Wybór analizowanych parametrów był podyktowany tym, że zmiany w składzie społeczności drobnoustrojów i aktywności enzymów, szczególnie biorących udział w przemianach węgla, azotu, fosforu i siarki, są pierwszym wskaźnikiem negatywnych oddziaływań środków ochrony roślin w glebie. Mimo że testowane insektycydy, szczególnie permytryna, okazały się być toksyczne dla *Zea mays*, zaburzając plonowanie tej rośliny oraz zmniejszając wartość wskaźnika zieloności liści, jej uprawa łagodziła skutki oddziaływania pestycydów na właściwości mikrobiologiczne i biochemiczne gleby, co uzasadnia uznanie jej za godną uwagi roślinę fitoremediacyjną. Przeprowadzone badania udowodniły również, że permytryna i cypermytryna działają stymulująco na bakterie hodowlane [Zał. 4: II. 4A.22], a w przypadku Harpun 500 S.C. [Zał. 4: II.4B.3] siła inhibicji jest niewielka, oscylująca na poziomie między 10% a 30%. Harpun 500 SC wzmacniał namnażanie grzybów, a pyretroidy, nie tylko zmniejszały ich liczebność, obniżyły również wartość wskaźnika CD grzybów, przypisując je do strategów K, co nie przełożyło się na wartość ich wskaźnika ekofizjologicznej różnorodności (EP). Spektakularne podwyższenie wartości CD mikroorganizmów hodowlanych wygenerowało obsianie gleby *Zea mays*.

Insektycydy istotnie zakłócają, aktywność dehydrogenaz oraz fosfatazy kwaśnej i fosfatazy alkalicznej w glebie nieobsianej. Obsianie gleby *Zea mays* indukowało wzrost wrażliwości katalazy, ureazy, arylosulfatazy i  $\beta$ -glukozydazy na zastosowane pyretroidy, co znalazło odzwierciedlenie w obniżeniu wartości biochemicznego wskaźnika żyzności gleby (BA). Wartością badań jest wykazanie, iż bakterie z gatunku *Sphingomonas wittichii*, *Bacillus muralis* i *Bacillus flexus* oraz grzyby z gatunku *Botryotrichum atrogriseum*, *Penicillium coeruleum*, *Chaetomium carinthiacum* i *Chaetomium globosum* są mikroorganizmami potencjalnie skutecznymi w procesach bioaugmentacji.

Obok bioaugmentacji, biostymulacja z udziałem kompostów opierająca się na naturalnych procesach stymulowanych przez mikroorganizmy jest alternatywą i szansą na podtrzymanie homeostazy gleb naruszonej przez nawozy mineralne. Dlatego w badaniach opisanych w publikacji [Zał. 4: II.4A.16] wyłoniono stabilne wskaźniki biologiczne, które stałyby się w przyszłości matrycą do wyznaczenia wartości progowych, charakteryzujących jakość zarówno kompostów jak i gleb nimi użyźnianych. Wykazano, że kompost spod drobiu jest dużo cenniejszym biostymulatorem żyzności gleb niż kompost z osadów ściekowych i wermikompost. Ponadto, tylko dojrzały kompost drobiowy gwarantuje wyeliminowanie patogenów, w tym *Escherichia coli*. Kompost spod drobiu generował wysokie wartości wskaźnika żyzności przez cały okres trwania badań. Pod jego wpływem nastąpiła optymalizacja aktywności mikrobiologicznej jak i biochemicznej gleby, przy czym żaden kompost nie indukował akceleracji bioróżnorodności i dynamizacji namnażania drobnoustrojów. Wskaźnik wpływu substancji użyźniającej (IF) wyeksponował znaczenie aktywności enzymów tj. dehydrogenaz, ureazy, fosfatazy kwaśnej, fosfatazy alkalicznej i katalazy jako wiarygodnych wskaźników żyzności gleb, szczególnie ujętej jako suma aktywności poszczególnych enzymów ukonstytuowanej jako biochemiczny wskaźnik potencjalnej żyzności gleby (BA). Wykazano iż aktywność mikrobiologiczna może być jedynie tłem, zwiastunem korzystnych zmian zachodzących w glebie użyźnianej kompostami.

Podsumowując ten obszar badawczy, należy skłonić się ku stosowaniu środków ochrony roślin w sposób rozważny, zgodny z zasadami dobrej praktyki rolniczej, nie zapominając, że gleba jest bogactwem naturalnym o ogromnym znaczeniu, jednak skończonym i nieodnawialnym. Przeprowadzenie kompleksowych analiz mikrobiomu gleb moderowanych przez pyretroidy i herbicydy umożliwiło stwierdzenie, że warunki jakie zaistniały pod wpływem ich działania stwarzają szansę na powrót do prawidłowego stanu równowagi biologicznej. Skutecznym rozwiązaniem może być również stosowanie kompostu.

Wyniki powyższych prac opisanych jako pozostałe osiągnięcia naukowo – badawcze były uzyskane w ramach badań finansowanych z działalności statutowej wydziału [Zał. 4: II.9.2.1;

II.9.2.2; II.9.2.3]. Badania, których wyniki zaprezentowano w publikacjach [Zał. 4: II. 4A.17; II. 4A.18; II. 4A.21; 4: II. 4A.22; II. 4A.19; II. 4A.20] były również dofinansowane przez Ministra Edukacji i Nauki w ramach programu „Regionalna Inicjatywa Doskonałości”, projekt nr. 010/RID/2018/19. [Zał. 4: II. 9.1.1].

W okresie po uzyskaniu stopnia naukowego doktora realizacja badań w ramach projektu własnego [Zał. 4: II. 9.1.1] oraz działalności statutowej [Zał. 4: II. 9.2.2; 9.2.3] zaowocowała opublikowaniem **23** rozpraw naukowych w czasopismach indeksowanych Journal Citation Reports [Zał. 4: II. 4A.1 – 4A.22], w tym **6** wskazanych jako cykl prac w postępowaniu habilitacyjnym [Zał. 4: I.2.1 – I.2.6]. Ponadto opublikowano **11** prac w czasopismach spoza listy JCR [Zał. 4: II. 4B.2 – 4B.12].

**Po uzyskaniu stopnia doktora** mój dorobek naukowy został oszacowany na **1725** pkt MEiN, z czego **660** stanowi osiągnięcie habilitacyjne. Uczestniczyłam w **18** konferencjach, w tym w **5** międzynarodowych [Zał. 4: II.7.6 - II.7.10] i **13** krajowych [Zał. 4: II.7.3 – II.7.5; II.7.11 – II.7.27], na których prezentowałam wyniki badań w formie **3** referatów [Zał.4. II.7.3 -7.5] oraz **22** posterów [Zał. 4. II.7.6 -7.27], z których ukazało się **21** komunikatów [Zał. 4. II.4D].

#### **4.4.3 Podsumowanie**

##### **4.4.3.a. Najważniejsze pozostałe osiągnięcia naukowe, niewchodzące w skład cyklu prac przedstawionych jako osiągnięcie w postępowaniu habilitacyjnym**

Do najważniejszych osiągnięć naukowych, niewchodzących w skład cyklu prac przedstawionych jako osiągnięcie w postępowaniu habilitacyjnym, zaliczam wykazanie, że:

1. Rośliny uprawne: kukurydza, jęczmień jary, rzepak jary, owies są dobrymi indykatorami diagnozującymi stan gleb zanieczyszczonych metalami ciężkimi oraz jęczmień jary *o*-krezolem.
2. Zanieczyszczenie gleby cynkiem silniej inhibicyjnie oddziaływało zarówno na parametry mikrobiologiczne jak i biochemiczne w glebach kwaśnych niż w glebach obojętnych.
3. Najlepszymi, najbardziej wiarygodnymi wskaźnikami wczesnych zaburzeń równowagi gleby zanieczyszczonych metalami ciężkimi i *o*-krezolem, i tym samym istotnymi elementami modeli symulacyjnych procesy glebowe są dehydrogenazy, katalaza, ureaza, fosfataza kwaśna, fosfataza alkaliczna, arylosulfataza i  $\beta$ -glukozydaza, jak i suma tych enzymów ukonstytuowana w postaci potencjalnego biochemicznego wskaźnika żyzności

- gleb (BA<sub>21</sub>). Dehydrogenazy oraz ureaza są najbardziej rzetelnymi bioindykatorami zmian zachodzących w glebie.
4. Cynk oddziałuje wpłynęło istotnie inhibicyjnie na procesy nityfikacji, w mniejszym stopniu na procesy amonifikacji.
  5. Zarówno metale o statusie pierwiastków śladowych tj. miedź, nikiel, kobalt, cyna, cynk, molibden aplikowane do gleby w dawkach zanieczyszczających oraz metale ciężkie kadm i chrom (VI) silnie toksycznie oddziałują na namnażanie bakterii, w mniejszym stopniu promieniowców, a najmniej wrażliwe na te metale ciężkie są grzyby.
  6. Ekofizjologiczny wskaźnik różnorodności drobnoustrojów (EP) oraz indeks rozwoju kolonii drobnoustrojów (CD) weryfikujący mikroorganizmy jako szybko- i wolnorosnące (strategii r) oraz wolnorosnące (strategii K) dobrze charakteryzują stan gleby zanieczyszczonej o-krezolem, chromem (VI), kadmem, kobaltem, miedzią, niklem, cynkiem i pestycydami.
  7. Siła stymulacji gleby poprzez materię organiczną niweluje negatywne oddziaływanie metali ciężkich na aktywność mikrobiologiczną i biochemiczną, w większym stopniu, niż na plonowanie roślin uprawnych. Konwencjonalne sposoby użyźniania gleb rolnych, w tym drobno zmieloną słomą jęczmienną, kompostem, kwasem humusowym są dużo bardziej skuteczne w przywracaniu ich równowagi niż innowacyjne substancje biostymulujące: *Chlorella* sp., *Perna canaliculus*, Ramnolipid 90, mączka bazaltowa i wyciąg z brunatnic (Labimar 10).
  8. Funkcje remediacyjne gleb poddanych presji miedzi i cynku spełnia zeolit, niklu - sepiolit, kobaltu, kadmu – zeolit i sepiolit. Sito molekularne jest sorbentem indukującym wzrost i rozwój *Helianthus annuus* L w glebie wyksonowanej na kobalt i kadm oraz związkami mineralnymi redukującymi zawartość pierwiastków śladowych w częściach nadziemnych słonecznika w glebie zanieczyszczonej miedzią.
  9. Drobnoustrojami o potencjale bioremdiacyjnym wobec **chromu (VI)** są bakterie z rodzaju: *Terracoccus*, *Paenibacillus*, *Phycococcus*, *Agrobacterium*, *Arthrobacter*, *Kribbella*, *Devosia*, *Burkholderia* i *Ramibacter* i grzyby z rodzaju: *Trichoderma*, *Penicillium*, *Sarocladium*, *Tallaromyces*, *Trichocladium*, *Didymella*, *Malassezia*, *Plenodomus*, *Endophoma*; wobec **krezoli** bakterie z rodzaju: *Pseudomonas*, *Azotobacter*, *Devosia*, *Bacillus* i *Arthrobacter*, a wobec **pestycydów** bakterie z gatunku: *Sphingomonas wittichii*, *Bacillus muralis* i *Bacillus flexus* oraz grzyby z gatunku: *Botryotrichum atrogriseum*, *Penicillium coeruleum*, *Chaetomium carinthiacum* i *Chaetomium globosum*.
  10. o-krezol aplikowany do gleb uprawnych w dawkach optymalnych wzmacnia zarówno aktywność mikrobiologiczną jak i biochemiczną gleb, a stres biotyczny spowodowany

kontaminacją gleby *o*-krezolem w wyższych niż optymalna dawkach, zaburza homeostazę gleby poprzez inhibicję aktywności dehydrogenaz, fosfatazy kwaśnej, fosfatazy alkalicznej, ureazy i  $\beta$ -glukozydazy.

11. Insektycydy działają stymulująco na bakterie hodowlane, w tym bakterie organotroficzne i promieniowce z wyjątkiem grzybów. W glebie obsianej kukurydzą nie tylko hamują aktywność katalazy, ureazy, arylosulfatazy i  $\beta$ -glukozydazy, ale w konsekwencji zaburzają również plonowanie *Zea mays*.

12. Cennym biostymulatorem żyzności gleb wykorzystywanych rolniczo jest kompost spod drobiu aplikowany do gleby w dawce 20 g kg<sup>-1</sup> s.m. gleby, gwarantujący wyeliminowanie patogenów, w tym *Escherichia coli*, co istotnie podnosi jego wartość.

Poza powyższymi realizowanymi kierunkami badawczymi aktualnie **mój profil badawczy** koncentruje się na:

- a) wykazaniu zależności między plonowaniem alimentacyjnych roślin uprawnych, w tym głównie zbożowych oraz roślin oleistych, a funkcjonalną i genetyczną różnorodnością mikroorganizmów.
- b) określeniu znaczenia funkcjonalnej różnorodności bakterii i grzybów w ocenie gleb użytkowanych rolniczo kontaminowanych zanieczyszczeniami organicznymi.
- c) poszukiwaniu rozwiązań minimalizujących problemy gleb związanych z zanieczyszczeniem ich ksenobiotykami, oscylujących wokół szerokiej palety sposobów bioremediacji gleb rolniczych.

**Za szczególne osiągnięcie uważam również:**

1. Współautorskie opublikowanie **2963** sekwencji nukleotydowych bakterii zdeponowanych w bazie GenBank National Center for Biotechnology Information (NCBI).
2. Współautorskie opublikowanie **836** sekwencji nukleotydowych grzybów w GenBank National Center for Biotechnology Information (NCBI) [Zał. 4: III.3.1- III.3.2].

#### 4.5. Informacje naukometryczne

Mój dorobek naukowy uwzględniający również cykl prac stanowiących osiągnięcie habilitacyjne, obejmuje **70** pozycji, w tym m.in. **34** oryginalne publikacje naukowe, **5** komunikatów z konferencji międzynarodowych oraz **18** komunikatów z konferencji krajowych (Tabela 1). Jestem współautorką **22** oryginalnych prac twórczych w czasopismach z IF (w **19** publikacjach z listy JCR jestem pierwszym autorem) [Zał. 4: I.4A.1 – I.4.A.23] , oraz 12 prac spoza listy JCR [Zał. 4: I.4B.1 – I.4B.12].

Sumaryczny Impact Factor opublikowanych prac wynosi **64,489** [Zał. 4: IV.1], zaś liczba punktów według Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa wyższego/Ministerstwa Edukacji i Nauki (zgodnie z rokiem wydania publikacji) - **1729** [Zał. 4: IV. Tab.1]. W bazie Web of Science Index Hirscha wynosi **7**, a łączna liczba cytowań **140** [Zał. 4: IV. 2]. Uczestniczyłam również w realizacji 14 zadań badawczych z działalności statutowej, w tym 12 po uzyskaniu stopnia doktora [Zał. 4: II.9.2]. Byłam również kierownikiem grantu NCN w konkursie **MINIATURA 1** [Zał. 4: II.9.1.1].

Podczas dotychczasowej pracy naukowej, z wyjątkiem okresu **2007 - 2013**, w czasie którego przebywałam na **urlopie wychowawczym**, brałam czynny udział w **5** konferencjach międzynarodowych i **14** konferencjach krajowych. Po uzyskaniu stopnia doktora wygłosiłam **3** referaty. Łącznie, jako współautor, zaprezentowałam **24** postery na konferencjach, w tym **6** - na konferencjach międzynarodowych, oraz **18** na konferencjach krajowych.

Motywuującym do dalszego rozwoju naukowego jest również otrzymanie **4 nagród JM** Rektora Uniwersytetu Warmińskiego w Olsztynie:

**1 nagrody** – wyróżnienia za pracę doktorską, **2 nagród za osiągnięcia naukowe**: Nagrody JM Rektora Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie za wyróżniającą się publikację naukową wydaną w 2020 roku i Nagrody Rektora Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie za wyróżniającą się publikację naukową wydaną w 2021 roku.

W roku 2021 została przyznana mi również **1 Nagroda** Zespołowa II Stopnia JM Rektora Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego za osiągnięcia w dziedzinie organizacyjnej.

Ponadto otrzymałam **2 nagrody Rady Naukowej projektu Regionalna Inicjatywa Doskonałości** dla wyróżniających zespołów badawczych za badania naukowe i prace rozwojowe w **2020 r.** i w **2021 r.** w dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo.

Istotnym osiągnięciem mojej aktywności naukowej było zrecenzowanie **48** artykułów naukowych [Zał. 4: II.13.1 -II.13.48] dla czasopism: Forests (**2**), Remote Sensing (**1**), Soil Systems (**1**), Processes (**1**), Agronomy (**2**), Genes (**1**), Journal of Soils and Sediments (**4**), Soil Research (**1**), Agriculture (**3**), Sustainability (**7**), Microorganisms (**8**), Applied Sciences (**3**), Minerals (**1**), International Journal of Molecular Sciences (**1**), Diversity (**1**), International Journal of Environmental Research and Public Health (**1**), Plants (**5**), Applied Microbiology (**1**), Molecules (**1**), Toxins (**3**).

Od 11.05.2022 r. do 31.03.2023 r. byłam **Redaktorem Gościnnym** numeru Specjalnego pt: "Contamination in Agricultural Soil", w czasopiśmie **Environments** [Zał. 4: II.12.1]. Jestem autorem lub współautorem **13 raportów i sprawozdań z badań** [Zał. 4: II.4C].



Tabela 1. Syntetyczne zestawienie dorobku naukowego

| Rodzaj publikacji   | Przed doktoratem | Po doktoracie |               | Razem         |
|---|------------------|---------------|---------------|---------------|
|   |                  | MNiSW/MEiN    |               |               |
|   |                  | do 2018 r.    | od 2019 r.    |               |
| <b>Publikacje w czasopismach z Journal Citation Report (JCR) w tym:</b>                               | <b>0</b>         | <b>10</b>     | <b>12</b>     | <b>22*</b>    |
| publikacje stanowiące osiągnięcie naukowe   | 0                | 0             | 6             | 6             |
| pozostałe publikacje  | 0                | 10            | 6             | 18            |
| <b>Oryginalne prace twórcze opublikowane w czasopismach spoza listy Journal Citation Report (JCR)</b> | <b>1</b>         | <b>11</b>     | <b>0</b>      | <b>12</b>     |
|   |                  |               |               |               |
| <b>Sumaryczny IF:</b>   | <b>0</b>         | <b>11,047</b> | <b>53,442</b> | <b>64,489</b> |
| publikacje stanowiące osiągnięcie naukowe   | 0                | 0             | 26,034        | 26,034        |
| pozostałe publikacje  | 0                | 11,047        | 27,408        | 38,455        |
| <b>Punkty MNiSW za publikacje, zgodnie z rokiem wydania:</b>  | <b>4</b>         | <b>225</b>    | <b>1500</b>   | <b>1729</b>   |
| publikacje stanowiące osiągnięcie naukowe   | 0                | 0             | 660           | 660           |
| pozostałe publikacje  | 4                | 225           | 840           | 1069          |
|   |                  |               |               |               |
| Projekty badawcze finansowane ze źródeł zewnętrznych  | 0                | 1             | 0             | 1             |
| Projekty/zadania badawcze finansowane z działalności statutowej                                       | 1/2              | 1/7           | 1/5           | 3/14          |
|   |                  |               |               |               |
| Raporty i sprawozdania  | 0                | 8             | 5             | 13            |
| Komunikaty w materiałach konferencyjnych międzynarodowych   | 1                | 2             | 2             | 5             |
| Komunikaty w materiałach konferencyjnych krajowych  | 1                | 14            | 3             | 18            |
|   |                  |               |               |               |
| Recenzje publikacji   | 0                | 0             | 48            | 48            |

\*W tabeli nr 1 zawierającej syntetyczne zestawienie dorobku naukowego przedstawiono 22 oryginalne publikacje naukowe posiadające współczynnik wpływu IF, natomiast w wydruku z raportu „Citation report” w bazie Web of Science jest 21 publikacji. Nadmieniam, że opublikowane są 22 prace, jednak jedna oryginalna publikacja naukowa, która ukazała się w roku 2023 w czasopiśmie Materials, nie została jeszcze wprowadzona do bazy WoS.

Tabela 2. Print Screen wskaźników naukometycznych z bazy Web of Science – stan na 24.03.2023 r.

| Category                | Value |
|-------------------------|-------|
| Publications (Total)    | 21    |
| Citing Articles (Total) | 99    |
| Times Cited (Total)     | 140   |
| Average per item        | 6.67  |
| H-Index                 | 7     |

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

**Aktywność naukowa realizowana podczas stażu naukowego w Oddziale Laboratorium Fitosanitarne Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Roślin i Nasiennictwa w Olsztynie (08.03.2021 r. - 19.03.2021 r.) [Zał. 4: II. 11.1]**

W roku 2021 odbyłam **staż naukowy** w Wojewódzkim Inspektoracie Ochrony Roślin i Nasiennictwa (WIORIN) w Olsztynie pod opieką naukową Kierownika Laboratorium fitosanitarne **Pani mgr Iwony Więcek**. Poprzez uczestnictwo w pracach badawczo rozwojowych, uzyskałam nowe umiejętności w prowadzeniu dalszych badań naukowych, z racji tego, iż dotyczyły one wykrywania i identyfikacji *Phytophthora ramorum* w materiale roślinnym, *Clavibacter michiganensis subsp. sepedonicus* i *Ralstonia solanacearum* w próbkach bulw ziemniaka z zastosowaniem metod identyfikacji bazujących na technice FISH, której wcześniej nie wykorzystywałam w swoich badaniach. Istotną zdobytą wiedzą, poszerzającą mój warsztat badawczy jest odczytywanie testu FISH pod mikroskopem fluorescencyjnym z filtrami odpowiednimi do wzbudzenia FITC (m.in. filtra rodaminowego) oraz interpretacji wyników testu FISH.

Ponadto, posiadałam umiejętność wykrywania i identyfikacji cyst nicieni *Globodera rotochiensis*, *Globodera pallida*, *Heterodera* sp., *Punctodera* sp. w próbkach gleby, przeprowadzając ekstrakcję nicieni za pomocą aparatu Oostenbrinka, by ostatecznie poszerzyć wiedzę na temat metod pomiarów i oznaczania gatunków na podstawie cech budowy morfologicznej stożków wulwalnych i larw nicieni. Wraz z zespołem badawczym podjęłam się także wykrywania oraz identyfikacji nicieni z rodzaju *Bursaphelenchus xylophilus* w próbkach drewna i nicieni *Ditylenchus* sp. w materiale roślinnym, glebie i podłożu. Istotne w rozwoju warsztatu badawczego było również opanowanie metodyki badawczej w celu wykrywania zarodni przetrwalnikowych *Synchytrium endiobioticum*, w próbkach gleby metodą Jellema, z jej obróbką chemiczną przez wykorzystanie kaolinu i nasyconego roztworu  $\text{CaCl}_2$  i ostatecznie obserwacją mikroskopową supernatantu. Równie ważnym krokiem w podwyższaniu kwalifikacji było przeprowadzenie testu IF jako głównego testu przesiewowego na świeżo przygotowanych ekstraktach z próbek w obecności kontroli pozytywnej szczepów homologicznych *Clavibacter michiganensis subsp. sepedonicus* oraz *Ralstonia solanacearum*, wraz z odczytaniem testu IF oraz interpretacją jego odczytów na podstawie intensywności fluorescencji komórek o charakterystycznej morfologii.

### **Aktywność naukowa realizowana we współpracy z Katedrą Chemii Rolnej i Środowiskowej, Wydziału Rolnictwa i Leśnictwa Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie.**

W roku 2020 podjęłam współpracę z **prof. dr hab. Mirosławem Wyszowskim** z Katedry Chemii Rolnej i Środowiskowej, zespołu Chemii Środowiska Wydziału Rolnictwa i Leśnictwa UWM w Olsztynie. Współpraca naukowa zaowocowała wspólną publikacją pt: **”Molecular sieve, halloysite, sepiolite and expanded clay as a tool in reducing the content of trace elements in *Helianthus annuus* L. on copper contaminated soil.”** opublikowaną w czasopiśmie *Materials* w 2023 r. [Zał. 4: II. 4A.21], opisaną również jako część mojego dorobku naukowego na stronie 34. Zagadnienie badawcze podjęte w ramach współpracy wpisało się w moje zainteresowania naukowe oscylujące wokół oceny skali oddziaływania metali ciężkich na gleby zagospodarowane rolniczo, szczególnie wykorzystywane pod uprawę roślin.

### **Aktywność naukowa realizowana w uczelni zagranicznej**

W roku 2022 zrealizowałam **staż naukowy** na **Vytautas Magnus University, Agriculture Academy, Institute of Agroecosystems and Soil Sciences in Kaunas, (20.10.2022 r. - 28.10.2022 r.)** [Zał. 4: II.11.2], pod opieką naukową **Pana prof. Kęstutisa Romaneckas Kierownika Institute of Agroecosystems and Soil Sciences.**

Z racji tego, że gros publikacji wchodzących w skład mojego dorobku naukowego odnosi się do interpelacji związanych z rolnictwem, istotnym krokiem w rozwoju naukowym pochyłającym się nad zagadnienia szeroko pojętego tego sektoru gospodarki, było zdobycie wiedzy na temat trwałości agroekosystemów, optymalizacji żywienia roślin, badań agrocenoz rzepaku i innych upraw rolniczych, którymi w swojej pracy badawczej parają się naukowcy z Institute of Agroecosystems and Soil Sciences in Kaunas. W czasie stażu nauczyłam się metod badawczych określających wpływ przewodnictwa elektrycznego i oraz posiadałam umiejętność określania właściwości fizycznych gleb i ich wpływu na utrzymanie głębokości siewu, kiełkowanie, rozwój i produktywność roślin uprawnych oraz stabilność struktury gleby. Inicjowanie badań uwzględniających wpływ dywersyfikacji upraw na biomasę roślin uprawnych, cenną nie tylko z punktu widzenia żywieniowego i paszowego, ale również energetycznego, stała się podstawą dyskusji na temat wspólnego rozwoju naukowo-badawczego. Część badań prowadzonych w Instytucie koresponduje również z moimi preferencjami naukowymi. Odnoszą się one do gospodarki odpadami rolniczymi, w tym kompostami, które jak dowiedziono w publikacji [Zał. 4:

II.4A.16] są potencjalnie skutecznymi substancjami biostymulującymi aktywność mikrobiologiczną gleb. W tym obszarze badawczym pojawiła się przestrzeń do przeprowadzenia wspólnych badań, szczególnie istotnych, z racji tego, że miałyby one charakter eksperymentów stricte polowych, podobnie jak wspólne badania wpływu metali ciężkich na wzrost i rozwój roślin uprawnych również podejmowane do tej pory przez obydwie zespoły badawcze.

**Aktywność naukowa realizowana we współpracy z Katedrą Mikrobiologii Przemysłowej i Biotechnologii na Wydziale Biologii i Ochrony Środowiska, Uniwersytetu Łódzkiego (21.11.2022 r. - 11.12.2022 r.) [Zał. 4: II.11.3].**

Kolejny **staż naukowy** odbyłam również w roku 2022 w Katedrze Mikrobiologii Przemysłowej i Biotechnologii, której kierownikiem jest **prof. dr hab. Katarzyna Lisowska**, również Dyrektor Instytutu Mikrobiologii, Biotechnologii i Immunologii na Wydziale Biologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Łódzkiego. Moim opiekunem naukowym była **dr hab. Mirosława Słaba, prof. Uł.** Odbyty staż naukowy pozwolił mi na zdobycie wiedzy z zakresu biotechnologii, w tym mikrobiologii przemysłowej. Z racji tego, że zgodnie z definicją, biotechnologia jest dziedziną integrującą nauki przyrodnicze i inżynierskie w celu wykorzystania organizmów komórek, ich składników oraz analogów molekularnych w praktyce, podczas stażu nauczyłam się technik pozwalających na rozpoznanie potencjału mikroorganizmów, głównie grzybów strzępkowych w usuwaniu herbicydów i insektycydów oraz ich zdolności do wykorzystania różnych surowców jako źródła węgla i energii. Spośród nowych umiejętności, które zdobyłam podczas stażu na podkreślenie zasługują: prowadzenie wglębnej hodowli *Cunningamella echinulata* z wyznaczeniem maksymalnej właściwej szybkości wzrostu; prowadzenie hodowli bakterii z rodzaju *Clostridium* w warunkach beztlenowych oraz bakterii *Propionibacterium freudenreichii* ssp. *shermanii* DSMZ 4902 w warunkach mikroaerofilnych z wykorzystaniem systemu Anoxomat oraz przygotowanie prób biomasy do analiz poprzez homogenizację, ekstrakcję - niezbędną w chromatograficznych analizach jakościowych i ilościowych oraz mineralizację - poprzedzającą ilościową analizę metali metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej. Celem przeprowadzonego badania było określenie tolerancji i zdolności do wiązania miedzi przez pięć szczepów grzyba strzępkowego z rodzaju *Trichoderma* wobec różnych stężeń siarczanu miedzi w zakresie 0-10 mM. Posiadałam również umiejętność przeprowadzenia analiz, w których priorytetem było określenie wpływu metali ciężkich, w tym miedzi, na wytwarzanie sideroforów przez szczepy grzyba strzępkowego z rodzaju *Trichoderma*. Zapoznałam się także z metodą analizy ilościowej wybranych metali w próbach biologicznych takich jak grzybnia i gleba, z wykorzystaniem absorpcyjnej spektrometrii atomowej

(atomizacja płomieniowa, F-AAS). Uwzględniając potencjał tej techniki analitycznej, podczas stażu, oznaczałam ilość Cd i Pb w próbkach pobranych z wód, gleb oraz roślin. Prace badawcze podczas stażu koncentrowały się również na oznaczaniu metabolitów pozakomórkowych szczepów grzyba *Trichoderma* dzięki zastosowaniu techniki chromatografii gazowej (GC-MS). Poprzez uczestnictwo w analizach prowadzonych przez zespół naukowy przyswoiłam wiedzę na temat zdolności wybranych szczepów grzybów mikroskopowych do degradacji toksycznych ksenobiotyków, w tym pestycydów (alachloru, atrazyny, 2,4-D i związków fenolowych (bisfenolu A (BPA) porównywanych techniką chromatografii cieczowej sprzężonej z detektorem masowym (LC-MS/MS). Była ona również wykorzystywana w ocenie wpływu toksycznych ksenobiotyków na drobnoustroje. Z racji tego, że zakres tematyczny części prowadzonych badań w Katedrze Mikrobiologii Przemysłowej i Biotechnologii koresponduje z kierunkami badawczymi, które wytyczyłam na swojej ścieżce rozwoju naukowego w 2023 roku będą podjęte wspólne badania naukowe, których celem będzie określenie wpływu mikroplastiku i metali ciężkich na zdolność promowania wzrostu roślin oraz hamowania wzrostu fitopatogenów przez grzyby z rodzaju *Trichoderma*.

#### **Aktywność naukowa realizowana we współpracy z podmiotem gospodarczym**

Wraz zespołem badawczym realizuję obecnie badania naukowe nawiązujące do obszaru współpracy z sektorem gospodarczym, kooperując ze Zleceniodawcą: Grupą Azoty Spółka Akcyjna z siedzibą w Tarnowie i Grupą Azoty Zakłady Azotowe „Puławy” Spółka Akcyjna z siedzibą w Puławach, realizując projekt pt: „Ocena rolniczej efektywności łącznego stosowania RSM z kwasami humusowymi (Tohumus) w uprawie roślin rolniczych”. Czas realizacji projektu przypada na lata: 2022-2024. Kierownikiem projektu jest prof. dr hab. Jadwiga Wierzbowska, a kierownikiem Zadania nr 3 „Mikrobiologia gleby” – prof. dr hab. Jadwiga Wyszowska (nr tematu 30.690.007-500).

#### **6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę**

Na moje doświadczenie składa się również prowadzenie zajęć dydaktycznych na Wydziale Rolnictwa i Leśnictwa oraz na Wydziale Biologii i Biotechnologii, UWM w Olsztynie.

Jestem/byłam **koordynatorem** następujących przedmiotów: ecology of microorganisms (kierunek: **ochrona środowiska**, studia stacjonarne I stopnia), soil biochemistry (kierunek: **ochrona środowiska**, studia stacjonarne II stopnia) na Wydziale Rolnictwa i Leśnictwa. Jestem również



koordynatorem przedmiotu: mikrobiologiczna transformacja odpadów w środowisku (kierunek: **mikrobiologia**, studia stacjonarne II stopnia) na Wydziale Biologii i Biotechnologii, UWM w Olsztynie.

Prowadzę **wyklady** i ćwiczenia laboratoryjne z przedmiotów: mikrobiologiczna transformacja odpadów oraz biodeterioracja materiałów (kierunek: **ochrona środowiska**) na Wydziale Rolnictwa i Leśnictwa, UWM w Olsztynie.

Prowadzę/prowadziłam **zajęcia laboratoryjne** z **10** przedmiotów: mikrobiologia, mikroorganizmy w technologiach rolniczych (kierunek: **rolnictwo**); mikrobiologia leśna, gleboznawstwo i mikrobiologia leśna (kierunek: **leśnictwo**); mikrobiologia, mikrobiologia środowiskowa, biodegradacja w środowisku przyrodniczym, biochemia gleby (kierunek: **ochrona środowiska**); mikrobiologiczne przetwarzanie biomasy oraz bioremediacja (kierunek: **gospodarowanie surowcami odnawialnymi i mineralnymi**), drobnoustroje ekosystemów lądowych: mikrobiologia gleby, mikrobiologiczna transformacja odpadów w środowisku (kierunek: **mikrobiologia**)

Byłam promotorem **29** prac inżynierskich (**1** na kierunku rolnictwo, **18** na kierunku ochrona środowiska i **9** na kierunku leśnictwo, **1** na kierunku gospodarowanie surowcami odnawialnymi i mineralnymi) oraz **4** prac magisterskich (**3** na kierunku mikrobiologia oraz **1** na kierunku ochrona środowiska).

Od 2021 roku jestem **opiekunem Studenckiego Koła Naukowego Mikrobiologów**. W latach 2018 - 2021 byłam również opiekunem **dwóch kierunków studiów**: ochrona środowiska, studia stacjonarne I stopnia oraz gospodarowanie surowcami odnawialnymi i mineralnymi, studia stacjonarne I stopnia.

Jestem członkiem 4 towarzystw: International Union of Soil Science i Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego (od 2007 r.), Polskiego Towarzystwa Mikrobiologów (od 2014 r., od 2023 r. jestem członkiem zarządu) oraz Towarzystwa Magnezologicznego im. Prof. Juliana Aleksandrowicza (od 2017 r.) [Załącznik: II.10.1 -II.10.4].

W latach 2016 – 2022 byłam także **pomysłodawcą i opiekunem 7 wydarzeń** organizowanych w Katedrze Gleboznawstwa i Mikrobiologii w ramach XIV, XV, XVI, XVII, XVIII, XIX i XX Olsztyńskich Dni Nauki i Sztuki: „Zdumiewający świat mikrobów niewidzialny gołym okiem” (2016), „Sekretne życie mikrobów” (2017), „W cztery oczy z mikrobami” (2018), „Mikroby kontra atakują” (2019), „Mikroby: dla nich to TY jesteś KOSMOSEM” (2020), „19 Olsztyńskie Dni Nauki i Sztuki w Katedrze Gleboznawstwa i Mikrobiologii” (2021), „20 Olsztyńskie Dni Nauki i Sztuki w Katedrze Gleboznawstwa i Mikrobiologii” (2022). **W 2017 roku byłam również pomysłodawcą**

**i opiekunem 1 wydarzenia** organizowanego w ramach Europejskiej Nocy Naukowców pt: „Fascynujący świat mikroobów niewidzialny gołym okiem”.

Uwieńczeniem pracy przy organizacji wszystkich wydarzeń było otrzymanie **Nagrody Zespołowej II Stopnia JM Rektora Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego** za osiągnięcia w dziedzinie organizacyjnej w roku 2021.

Przez wszystkie lata pracy podnosiłam swoje kwalifikacje **uczestnicząc w 44 kursach i szkoleniach** uwiarygadniających moje kompetencje jako pracownika badawczo-dydaktycznego, w tym **7** podnoszących moje kompetencje naukowe, **16** podnoszących kompetencje dydaktyczne oraz **21** podnoszących kompetencje społeczne [Zał. 4: II.11.2.1 - II. 11.2.7.44].

Od 2015 roku jestem również członkiem zarządu Fundacji 36i6. Cele fundacji wiążą się stricte z działalnością na rzecz zaangażowania społecznego i obywatelskiego w oparciu o wartości uniwersalne. Projekty, warsztaty i szkolenia realizowane są w trzech obszarach: kultury, edukacji i profilaktyki. Do jednych z najistotniejszych osiągnięć organizacyjnych mogę zaliczyć **realizację 3 rocznych projektów o zasięgu międzynarodowym**, których byłam zarówno współtwórcą jak i wykonawcą z racji członkostwa w zarządzie Fundacji 36i6 [Zał. 4: II.14.1 - II.14.1]. Należą do nich:

- 1) roczny projekt „**Bądźmy w kontakcie**” finansowany przez Narodową Agencję Europejskiego Korpusu Solidarności, poświęcony walce z depresją wśród młodzieży (Nr projektu: 2019-1-PL01-ESC31-062666 (01.06.2019 r. – 31.05.2020 r.) Fundacja 36i6 została doceniona na płaszczyźnie ogólnopolskiej, otrzymując nominację do cenionej nagrody w Konkursie EDU Inspiracje Fundacji Rozwoju Systemów Edukacji. Projekt "Bądźmy w kontakcie" znalazł się w gronie 5 najlepszych projektów w Polsce FRSE 2020.
- 2) roczny projekt „**Pozytywka**” finansowany przez Narodową Agencję Europejskiego Korpusu Solidarności aktywizującego młodzież utalentowaną muzycznie (Nr projektu: 2019-2- PL01-ESC31-066316 (01.08.2019 r. – 31.07.2020 r.)).
- 3) roczny projekt „**Alter**” finansowany przez Narodową Agencję Europejskiego Korpusu Solidarności, dedykowany młodzieży dotkniętej skutkami pandemii (Nr projektu: 2020-3-PL01-ESC31-094870, (01.03.2021 r. – 28.02.2022 r.)).

Jako członek Fundacji 36i6 uczestniczyłam i realizowałam projekty artystyczne podejmowane ze środowiskami pozaartystycznymi, w tym projekt „**Sercem dla Ukrainy**” finansowany przez Patsy & Michel Hull Foundation e.V. Gerberhof 10 Deutschland- 49074 Osnabrück (2022); projekt „**Pod jednym dachem nieba**” opierający się na współpracy międzynarodowej z Czechami w obszarze kultury, edukacji i integracji międzynarodowej. Projekt został dofinansowany z środków Senatu RP. (2016). Byłam współorganizatorem **4 edycji (IX, X, XII, XII) Olsztyńskich Warsztatów Gospel** w latach 2016-2019. Były to wydarzenia o zasięgu krajowym, dedykowane m.in. studentom (100 -

120 uczestnikom z Powiatu Olsztyńskiego), wieńczone corocznie koncertem finałowym w Amfiteatrze im. Czesława Niemena w Olsztynie w ramach Olsztyńskiego Lata Artystycznego. Projekt został dofinansowany z Urzędu Miasta Olsztyn, oraz Koncertu Jubileuszowego „Soli Deo Gloria”, w ramach priorytetu Marszałka Województwa Warmińsko-Mazurskiego, który odbył się w Filharmonii Warmińsko-Mazurskiej w Olsztynie w roku (2017). Było to spektakularne wydarzenie artystyczne dedykowane mieszkańcom Olsztyna i okolic [Zał. 4: III.7.1.- III.7.4] Na kanwie aktywności związanych z działaniami w Fundacji 36i6 powstały 3 artykuły popularne opublikowane w Gazecie Dywickiej [Zał. 4: III. 7.a]

## **7. Podsumowanie działalności naukowej**

W czasie dotychczasowej pracy naukowej opublikowałam łącznie 34 artykuły naukowe w recenzowanych czasopismach, spośród których 33 opublikowane zostały po uzyskaniu stopnia doktora. Wśród tych artykułów naukowych 22 zostały opublikowane w czasopismach indeksowanych przez Journal Citation Report i są one zaklasyfikowane do dyscypliny rolnictwo i ogrodnictwo zgodnie z komunikatem MEiN z 21 grudnia 2021 roku w sprawie wykazu czasopism naukowych i recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych. Sumaryczny współczynnik wpływu (Impact Factor) prac zgodnie z rokiem opublikowania wynosi  $IF = 64,489$ . Suma punktów za artykuły naukowe opublikowane po uzyskaniu stopnia doktora wynosi 1729, indeks Hirscha wg bazy Web of Science wynosi  $H = 7$ , a sumaryczna liczba cytowań wynosi 140, w tym 92 bez autocytowań. Dotychczas na konferencjach krajowych i zagranicznych prezentowałam wyniki swoich badań w formie 24 posterów i 3 referatów. Odbyłam trzy krótkoterminowe staże naukowe, w tym: jeden staż zagraniczny. Uczestniczyłam w 44 kursach i szkoleniach, w tym 7 podnoszących moje kompetencje naukowe, 16 podnoszących kompetencje dydaktyczne oraz 21 podnoszących kompetencje społeczne. Obecnie uczestniczę w realizacji jednego projektu finansowanego przez sektor gospodarczy.

*Magdalena Zaborowska*



**Wykaz osiągnięć naukowych albo artystycznych, stanowiących znaczny wkład w rozwój  
dyscypliny rolnictwo i ogrodnictwo**

**dr inż. Magdalena Zaborowska**

Katedra Gleboznawstwa i Mikrobiologii  
Wydział Rolnictwa i Leśnictwa  
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

---

Olsztyn, 2023 r.

## Spis treści

|  |    |
|--|----|
| I. WYKAZ OSIĄGNIĘĆ NAUKOWYCH ALBO ARTYSTYCZNYCH, O KTÓRYCH MOWA W ART. 219 UST. 1. PKT 2 USTAWY.....   | 3  |
| 2. Cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych, zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt 2b ustawy....  | 3  |
| II. WYKAZ AKTYWNOŚCI NAUKOWEJ ALBO ARTYSTYCZNEJ.....   | 4  |
| 4. Wykaz opublikowanych artykułów w czasopismach naukowych (z zaznaczeniem pozycji niewymienionych w pkt I.2).....   | 5  |
| 4A. Publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w <i>Journal Citation Report</i> (JCR)...   | 5  |
| 4B. Publikacje naukowe w czasopismach międzynarodowych lub krajowych innych niż znajdujące się w bazie JCR.....  | 7  |
| 4C. Sprawozdania i dokumentacja prac badawczych.....   | 9  |
| 4D. Komunikaty w materiałach konferencyjnych.....  | 10 |
| 7. Wykaz wystąpień na krajowych lub międzynarodowych konferencjach naukowych lub artystycznych, z wyszczególnieniem przedstawionych wykładów na zaproszenie i wykładów plenarnych.....   | 12 |
| 9. Wykaz uczestnictwa w pracach zespołów badawczych realizujących projekty finansowane w drodze konkursów krajowych lub zagranicznych, z podziałem na projekty zrealizowane i będące w toku realizacji, oraz z uwzględnieniem informacji o pełnionej funkcji w ramach prac zespołów..... | 15 |
| 10. Wykaz członkostwa w międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych wraz z informacją o pełnionych funkcjach.....   | 17 |
| 11. Wykaz staży w instytucjach naukowych lub artystycznych, w tym zagranicznych.....   | 17 |
| 11.1. Staże w instytucjach naukowych.....  | 17 |
| 11.2. Warsztaty, kursy i szkolenia.....  | 18 |
| 12. Wykaz członkostwa w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism wraz z informacją o pełnionych funkcjach (np. redaktora naczelnego, przewodniczącego rady naukowej, itp.).....  | 21 |
| 13. Wykaz recenzowanych prac naukowych lub artystycznych, w szczególności publikowanych w czasopismach międzynarodowych.....   | 21 |
| 14. Wykaz uczestnictwa w programach europejskich lub innych programach międzynarodowych.....   | 25 |
| III. WSPÓŁPRACA Z OTOCZENIEM SPOŁECZNYM I GOSPODARCZYM.....  | 26 |
| IV. DANE NAUKOMETRYCZNE.....   | 28 |
| 1. Impact Factor (w dziedzinach i dyscyplinach, w których parametr ten jest powszechnie używany jako wskaźnik aukometryczny).....  | 28 |
| 2. Liczba cytowań publikacji wnioskodawcy, z oddzielnym uwzględnieniem autocytowań.....  | 28 |
| 3. Indeks Hirsha według bazy Web of Science.....   | 28 |
| 4. Tabelaryczne zestawienie dorobku naukowego.....   | 29 |
| 5. Dorobek publikacyjny według publikacji zgodnie z rokiem opublikowania wg MNiSW oraz IF za rok publikacji.....   | 31 |



**I. WYKAZ OSIĄGNIĘĆ NAUKOWYCH ALBO ARTYSTYCZNYCH, O KTÓRYCH MOWA W ART. 219 UST. 1. PKT 2 USTAWY****2. Cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych, zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt 2b ustawy****Tytuł osiągnięcia naukowego**

**„Aktywność biologiczna gleb rolniczych będących pod presją bisfenoli”**

**Lista publikacji składająca się na osiągnięcie naukowe wraz z danymi bibliometrycznymi**

**I.2.1. Zaborowska M., Wyszowska J., Borowik A., Kucharski J. 2021. *Bisphenol A—A dangerous pollutant distorting the biological properties of soil*. International Journal of Molecular Sciences. 22: 12753.**

**IF<sub>2021</sub> = 6,208                      140 pkt MEiN** (wg zał. z dnia 21.12.2021)

*Zaborowska M. indywidualny wkład - pomysłodawca koncepcji badań, planowanie badań i doświadczeń, analiza statystyczna danych, interpretacja wyników i sformułowanie wniosków, przegląd literatury, opracowanie wstępu, materiałów, wyników i dyskusji pracy, przygotowanie manuskryptu do druku.*

*Wyszowska J. – konsultacja w opracowaniu koncepcji manuskryptu i opracowaniu wyników badań*

*Borowik A. – analiza bioinformatyczna wyników i uczestnictwo w graficznym przedstawieniu wyników*

*Kucharski J. – konsultacja w opracowaniu wyników badań*

**I.2.2. Zaborowska M., Wyszowska J., Kucharski J. 2021. *Role of Chlorella sp. and rhamnolipid 90 in maintaining homeostasis in soil contaminated with bisphenol A*. Journal of Soils and Sediments. 21: 27–41.**

**IF<sub>2021</sub> = 3,536                      100 pkt MEiN** (wg zał. z dnia 21.12.2021)

*Zaborowska M. indywidualny wkład – pomysłodawca koncepcji badań, planowanie badań i doświadczeń, analiza statystyczna danych, interpretacja wyników i sformułowanie wniosków, przegląd literatury, opracowanie wstępu, materiałów, wyników i dyskusji pracy, przygotowanie manuskryptu do druku.*

*Wyszowska J. – konsultacja w opracowaniu wyników badań*

*Kucharski J. – konsultacja opracowania statystycznego wyników*

**I.2.3. Zaborowska M., Wyszowska J., Kucharski J. 2020. *Soil enzyme response to bisphenol F contamination in the soil bioaugmented using bacterial and mould fungal consortium*. Environmental Monitoring and Assessment. 192(20): 1-18.**

**IF<sub>2020</sub> = 2,47                      70 pkt MEiN** (wg zał. z dnia 21.12.2021)

*Zaborowska M. indywidualny wkład – pomysłodawca koncepcji badań, planowanie badań i doświadczeń, analiza statystyczna danych, interpretacja wyników i sformułowanie wniosków, przegląd literatury, opracowanie wstępu, materiałów, wyników i dyskusji pracy, przygotowanie manuskryptu do druku.*

*Wyszowska J.* – konsultacja w opracowaniu wyników badań  
*Kucharski J.* – konsultacja opracowania statystycznego wyników

**I.2.4. Zaborowska M., Wyszowska J., Kucharski J.** 2019. *Biochemical activity of soil contaminated with BPS, bioaugmented with a mould fungi consortium and a bacteria consortium.* Environmental Science and Pollution Research. 26: 37054–37069.

**IF<sub>2019</sub> = 3,056**      **70 pkt MEiN** (wg zał. z dnia 21.12.2021)

*Zaborowska M. indywidualny wkład* – pomysłodawca koncepcji badań, planowanie badań i doświadczeń, analiza statystyczna danych, interpretacja wyników i sformułowanie wniosków, przegląd literatury, opracowanie wstępu, materiałów, wyników i dyskusji pracy, przygotowanie manuskryptu do druku.

*Wyszowska J.* – konsultacja opracowania statystycznego wyników  
*Kucharski J.* – konsultacja w opracowaniu wyników badań

**I.2.5. Zaborowska M., Wyszowska J., Borowik A.** 2020. *Soil microbiome response to contamination with Bisphenol A, Bisphenol F and Bisphenol S.* International Journal of Molecular Sciences. 21: 3529.

**IF<sub>2020</sub> = 4,556**      **140 pkt MEiN** (wg zał. z dnia 21.12.2021)

*Zaborowska M. indywidualny wkład* – pomysłodawca koncepcji badań, planowanie badań i doświadczeń, analiza statystyczna danych, interpretacja wyników i sformułowanie wniosków, przegląd literatury, opracowanie wstępu, materiałów, wyników i dyskusji pracy, przygotowanie manuskryptu do druku.

*Wyszowska J.* – konsultacja w opracowaniu koncepcji manuskryptu i opracowaniu wyników badań  
*Borowik A.* – analiza bioinformatyczna wyników i uczestnictwo w graficznym przedstawieniu wyników  
*Kucharski J.* – konsultacja w opracowaniu wyników badań

**I.2.6. Zaborowska M., Wyszowska J., Borowik A., Kucharski J.** 2022. *Effect of separate and combined toxicity of bisphenol A and zinc on the soil microbiome.* International Journal of Molecular Sciences. 23(11): 5937.

**IF<sub>2021</sub> = 6,208**      **140 pkt MEiN** (wg zał. z dnia 21.12.2021)

*Zaborowska M. indywidualny wkład* – pomysłodawca koncepcji badań, planowanie badań i doświadczeń, analiza statystyczna danych, interpretacja wyników i sformułowanie wniosków, przegląd literatury, opracowanie wstępu, materiałów, wyników i dyskusji pracy, przygotowanie manuskryptu do druku.

*Wyszowska J.* – konsultacja w opracowaniu koncepcji manuskryptu i opracowaniu wyników badań  
*Borowik A.* – analiza bioinformatyczna wyników i uczestnictwo w graficznym przedstawieniu wyników  
*Kucharski J.* – konsultacja w opracowaniu wyników badań

## II. WYKAZ AKTYWNOŚCI NAUKOWEJ ALBO ARTYSTYCZNEJ

1. Wykaz opublikowanych monografii naukowych (z zaznaczeniem pozycji niewymienionych w pkt I.1) - brak
2. Wykaz opublikowanych rozdziałów w monografiach naukowych – brak.
3. Wykaz członkostwa w redakcjach naukowych monografii – brak

**4. Wykaz opublikowanych artykułów w czasopismach naukowych (z zaznaczeniem pozycji niewymienionych w pkt I.2).**

4A. Publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w *Journal Citation Report* (JCR)

*Przed uzyskaniem stopnia doktora* – brak

*Po uzyskaniu stopnia doktora*

*Liczy w nawiasie oznaczają numerację z punktu I.2 niniejszego wykazu.*

**4A.1. (I.2.1). Zaborowska M.,** Wyszowska J., Borowik A., Kucharski J. 2021. *Bisphenol A –A dangerous pollutant distorting the biological properties of soil.* International Journal of Molecular Sciences. 22: 12753.

**IF<sub>2021</sub> = 6,208**      **140 pkt MEiN** (wg zał. z dnia 21.12.2021)

**4A.2. (I.2.2). Zaborowska M.,** Wyszowska J., Kucharski J. 2021. *Role of Chlorella sp. and rhamnolipid 90 in maintaining homeostasis in soil contaminated with bisphenol A.* Journal of Soils and Sediments. 21: 27–41.

**IF<sub>2021</sub> = 3,536**      **100 pkt MEiN** (wg zał. z dnia 21.12.2021)

**4A.3. (I.2.3). Zaborowska M.,** Wyszowska J., Kucharski J. 2020. *Soil enzyme response to bisphenol F contamination in the soil bioaugmented using bacterial and mould fungal consortium.* Environmental Monitoring and Assessment. 192(20): 1-18.

**IF<sub>2020</sub> = 2,47**      **70 pkt MEiN** (wg zał. z dnia 21.12.2021)

**4A.4. (I.2.4). Zaborowska M.,** Wyszowska J., Kucharski J. 2019. *Biochemical activity of soil contaminated with BPS, bioaugmented with a mould fungi consortium and a bacteria consortium.* Environmental Science and Pollution Research. 26: 37054–37069.

**IF<sub>2019</sub> = 3,056**      **70 pkt MEiN** (wg zał. z dnia 21.12.2021)

**4A.5. (I.2.5). Zaborowska M.,** Wyszowska J., Borowik A. 2020. *Soil microbiome response to contamination with Bisphenol A, Bisphenol F and Bisphenol S.* International Journal of Molecular Sciences. 21: 3529.

**IF<sub>2020</sub> = 4,556**      **140 pkt MEiN** (wg zał. z dnia 21.12.2021)

**4A.6. (I.2.6). Zaborowska M.,** Wyszowska J., Borowik A., Kucharski J. 2022. *Effect of separate and combined toxicity of bisphenol A and zinc on the soil microbiome.* International Journal of Molecular Sciences. 23(11): 5937.

**IF<sub>2021</sub> = 6,208**      **140 pkt MEiN** (wg zał. z dnia 21.12.2021)

Pozostałe publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w *Journal Citation Report* (JCR) – **17 publikacji**

*01.04.2008 r – 1.10.2013 r - urlop wychowawczy*

**4A.7. Zaborowska M.,** Kucharski J. Wyszowska J. 2015. Using Basalt Flour and Brown Algae to Improve Biological Properties of Soil Contaminated with Cadmium. *Soil and Water Research*. 10(3): 181-188

**IF<sub>2015</sub> = 0,691**      **15 pkt MNiSW**      (wg zał. z dnia 26.01.2017)

**4A.8. Zaborowska M.,** Wyszowska J., Kucharski J. 2015. Maintenance of Soil Homeostasis under Exposure to Cadmium. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 46: 20151 – 2069.

**IF<sub>2015</sub> = 0,667**      **15 pkt MNiSW**      (wg zał. z dnia 26.01.2017)

**4A.9. Zaborowska M.,** Kucharski J. Wyszowska J. 2015. Remediation of soil contaminated with cadmium. *Journal of Elementology*. 20(3): 769-784.

**IF<sub>2015</sub> = 0,797**      **15 pkt MNiSW**      (wg zał. z dnia 26.01.2017)

**4A.10. Zaborowska M.,** Kucharski J. Wyszowska J. 2016. Biological activity of soil contaminated with cobalt, tin, and molybdenum. *Environmental Monitoring and Assessment*. 188: 398

**IF<sub>2016</sub> = 1,687**      **25 pkt MNiSW**      (wg zał. z dnia 26.01.2017)

**4A.11. Zaborowska M.,** Wyszowska J., Kucharski J. 2016. The possibilities of restoring the enzymatic balance of soil contaminated with cadmium. *International Journal of Environment and Pollution*. 58(3): 197 – 214.

**IF<sub>2016</sub> = 0,429**      **15 pkt MNiSW**      (wg zał. z dnia 26.01.2017)

**4A.12. Strachel R., Zaborowska M.,** Wyszowska J. 2016. Deliberations on zinc - a trace mineral or a toxic element? *Journal of Elementology*. 21(2): 625 - 639.

**IF<sub>2016</sub> = 0, 699**      **15 pkt MNiSW**      (wg zał. z dnia 26.01.2017)

**4A.13. Zaborowska M.,** Kucharski J., Wyszowska J. 2017. Brown algae and basalt meal in maintaining the activity of arylsulfatase of soil polluted with cadmium. *Water Air and Soil Pollution*. 228 (267): 1-13.

**IF<sub>2017</sub> = 1,769**      **25 pkt MNiSW**      (wg zał. z dnia 26.01.2017)

**4A.14. Zaborowska M.** 2017. Krezole a drobnoustroje środowiska glebowego. *Postępy Mikrobiologii*. 56(1): 7-17.

**IF<sub>2017</sub> = 0,263**      **15 pkt MNiSW**      (wg zał. z dnia 26.01.2017)

**4A.15. Zaborowska M.,** Woźny G., Wyszowska J., Kucharski J. 2018. Biostimulation of the activity of microorganisms and soil enzymes through fertilisation with composts. *Soil Research*. 56(7): 737-751.

**IF<sub>2018</sub> =1,591**      **20 pkt MNiSW**      (wg zał. z dnia 26.01.2017)

**4A.16. Zaborowska M.,** Kucharski J, Wyszowska J. 2018. Biochemical and microbiological activity of soil contaminated with *o*-cresol and biostimulated with *Perna canaliculus* mussel meal. *Environmental Monitoring Assessment*. 190: 602.

**IF<sub>2018</sub> = 2,101      25 pkt MNiSW** (wg zał. z dnia 26.01.2017)

**4A.17. Zaborowska M.**, Wyszowska J., Borowik A., Kucharski J. 2021. *Perna canaliculus* as an ecological material in the removal of *o*-cresol pollutants from soil. *Materials*. 14: 6685.

**IF<sub>2020</sub> = 3,623      140 pkt MNiSW** (wg zał. z dnia 21.12.2021)

**4A.18.** Wyszowska J., Borowik A., **Zaborowska M.**, Kucharski J. 2022. Evaluation of the usefulness of sorbents in the remediation of soil exposed to the pressure of cadmium and cobalt. *Materials*. 15: 5738.

**IF<sub>2021</sub> = 3,748      140 pkt MNiSW** (wg zał. z dnia 21.12.2021)

**4A.19.** Wyszowska J., Borowik A., **Zaborowska M.**, Kucharski J. 2022. Mitigation of the adverse impact of copper, nickel, and zinc on soil microorganisms and enzymes by mineral sorbents. *Materials*. 15: 5198.

**IF<sub>2021</sub> = 3,748      140 pkt MNiSW** (wg zał. z dnia 21.12.2021)

**4A.20.** Wyszowski M., Wyszowska J., Kordala N., **Zaborowska M.** 2023. Molecular sieve, halloysite, sepiolite and expanded clay as a tool in reducing the content of trace elements in *Helianthus annuus* L. on Copper-Contaminated Soil. *Materials*. 16(5): 1827.

**IF<sub>2021</sub> = 3,748      140 pkt MNiSW** (wg zał. z dnia 21.12.2021)

**4A.21.** Wyszowska J., Borowik A., **Zaborowska M.**, Kucharski J. 2023. Sensitivity of *Zea mays* and soil microorganisms to the toxic effect of chromium (VI). *International Journal of Molecular Sciences*. 24(1):178.

**IF<sub>2022</sub> = 6,208      140 pkt MNiSW** (wg zał. z dnia 21.12.2021)

**4A.22.** Borowik A., Wyszowska J., **Zaborowska M.**, Kucharski J. 2023. The impact of permethrin and cypermethrin on plants, soil enzyme activity, and microbial communities. *International Journal of Molecular Sciences*. 24(3):2892.

**IF<sub>2022</sub> = 6,208      140 pkt MNiSW** (wg zał. z dnia 21.12.2021)

**4B.** Publikacje naukowe w czasopismach międzynarodowych lub krajowych innych niż znajdujące się w bazie JCR

#### **Przed uzyskaniem stopnia doktora – 1 publikacja**

**4B.1.** Wyszowska J., Kucharski J., Jastrzębska E., **Zaborowska M.** 2004. Rola wapnowania i szczepienia Nitraginą w przywracaniu równowagi biochemicznej gleby zanieczyszczonej chromem (VI). *Journal of Elementology*. 9(4): 857 -867.

**4 pkt MNiSW** (wg zał. z dnia 03.11.2001)

#### **Po uzyskaniu stopnia doktora – 10 publikacji**

**4B.2.** **Zaborowska M.**, Wyszowska J., Kucharski J. 2006. Microbial activity in zinc contaminated soil of different pH. *Polish Journal of Environmental Studies*. 15(2a): 569-574.

**IF<sub>2006</sub> = 0.353****10 pkt MNiSW**

(wg zał. z dnia 21.10.2005)

**4B.3.** Baćmaga M., Kucharski J., Wyszowska J., **Zaborowska M.** 2006. Liczebność drobnoustrojów w glebie zanieczyszczonej herbicydem Harpun 500 SC. Acta Agraria et Silvestria, Series Agraria. 49: 11-16.

**1 pkt MNiSW**

(wg zał. z dnia 21.10.2005)

**4B.4.** **Zaborowska M.**, Wyszowska J., Kucharski J. 2006. Microbiological activity of zinc contaminated soil. Journal of Elementology. 11(4): 543-557.

**6 pkt MNiSW**

(wg zał. z dnia 21.10.2005)

**4B.5.** Wyszowska J., **Zaborowska M.**, Kucharski J. 2006. Activity of enzymes in zinc contaminated soil. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities. 9(1): #6

**4 pkt MNiSW**

(wg zał. z dnia 21.10.2005)

**4B.6.** **Zaborowska M.**, Wyszowska J., Kucharski J. 2006. Rola cynku w organizmach roślinnych i zwierzęcych. Journal of Elementology. 10(3): 653-654.

**4 pkt MNiSW**

(wg zał. z dnia 21.10.2005)

**4B.7.** **Zaborowska M.**, Wyszowska J., Kucharski J., Baćmaga M. 2006. Wpływ cynku na rozwój drobnoustrojów w podłożach sztucznych. Acta Agraria et Silvestria, Series Agraria. 49: 525-537.

**1 pkt MNiSW**

(wg zał. z dnia 21.10.2005)

**4B.8.** **Zaborowska M.**, Wyszowska J. Kucharski J. 2006. Liczebność bakterii oligotroficznych i koptotroficznych w glebie zanieczyszczonej cynkiem nawożonej słomą i trocinami. Acta Agraria et Silvestria, Series Agraria. 49: 515 - 527.

**1 pkt MNiSW**

(wg zał. z dnia 21.10.2005)

**4B.9.** Wyszowska J., **Zaborowska M.**, Kucharski J. 2007. Microorganisms count in the soil contaminated with zinc. Polish Journal of Natural Science. 22(2): 183-195.

**2 pkt MNiSW**

(wg zał. z dnia 28.11.2007)

**4B.10.** **Zaborowska M.**, Wyszowska J. Kucharski J. 2007. Ammonification and nitrification in zinc-contaminated soil. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities. 10(4): #9.

**4 pkt MNiSW**

(wg zał. z dnia 28.11.2007)

**01.04.2008 r – 1.10.2013 r - urlop wychowawczy**

**4B.11.** Strachel R., Wyszowska J., **Zaborowska M.** 2014. Reakcja wybranych hydrolaz na zanieczyszczenie gleby kadmem. Ekologia i Technika. 22(4): 165-171.

**5 pkt MNiSW**

(wg zał. z dnia 31.12.2014)

**4B.12.** Strachel R., **Zaborowska M.**, Kaczyńska G., Szudrewicz A. 2014. Wpływ kadmu i ołowiu na aktywność dehydrogenaz w glebie. EPISTEME Czasopismo Naukowo – Kulturalne. 22(2): 369-376.



#### 4C. Sprawozdania i dokumentacja prac badawczych

##### *Przed uzyskaniem stopnia doktora - brak*

##### *Po uzyskaniu stopnia doktora*

1. Kucharski J., Wyszowska J., Zaborowska M. 2005. Raport z wykonania zadania badawczego pt. „Oddziaływanie wybranych związków ropopochodnych na aktywność mikrobiologiczną gleby” realizowanego w ramach działalności statutowej.
2. Kucharski J., Wyszowska J., Zaborowska M. 2006. Raport z wykonania zadania badawczego pt. „Oddziaływanie wybranych metali ciężkich na aktywność mikrobiologiczną” realizowanego w ramach działalności statutowej.
3. Wyszowska J., Zaborowska M., Strachel R. 2014. „Rola nawożenia moczniakiem i wapnowania w przywracaniu równowagi mikrobiologicznej gleby zanieczyszczonej cynkiem” realizowanego w ramach działalności statutowej.
4. Wyszowska J., Zaborowska M., Strachel R. 2015. „Rola dodatków łagodzących w niwelowaniu skutków negatywnego oddziaływania cynku w glebie na aktywność hydrolaz” realizowanego w ramach działalności statutowej.
5. Zaborowska M. 2017. „Aktywność biologiczna gleby zanieczyszczonej o-krezolem” realizowanego w ramach działalności statutowej.
6. Zaborowska M. 2018. „Aktywność biologiczna gleby zanieczyszczonej bisfenolem A” realizowanego w ramach działalności statutowej.
7. Zaborowska M. 2018. „Wpływ bisfenoli na wzrost roślin uprawnych” realizowanego w ramach działalności statutowej.
8. Zaborowska M. Raport końcowy z projektu Miniatura 1 NCN pt.: „Mikrobiologiczna transformacja gleb zanieczyszczonych związkami fenolowymi” realizowanego w terminie 18.10.2017 – 17.10.2018.
9. Zaborowska M. 2019. „Reakcja mikrobiomu glebowego na zanieczyszczenie gleby BPA, BPS i BPF” (2019 r.) realizowanego w ramach działalności statutowej.
10. Zaborowska M. 2020. „Wpływ popiołu ze słomy jęczmiennej na mikrobiom gleby zanieczyszczonej BPS” (2020 r.) realizowanego w ramach działalności statutowej.
11. Zaborowska M. 2020. „Reakcja rzepaku jarego, jęczmienia jarego oraz kukurydzy na zanieczyszczenie gleby BPA” (2020 r.) realizowanego w ramach działalności statutowej.
12. Zaborowska M. 2021. „Wpływ indywidualnej i połączonej toksyczności bisfenolu A i cynku na mikrobiom gleby” (2021 r.) realizowanego w ramach działalności statutowej.

13. Zaborowska M. 2022. „Przydatność ulepszaczy w kształtowaniu naturalnej mikrobioty gleby poddanej presji kadmu i bisfenolu A” realizowanego w ramach działalności statutowej.

#### 4D. Komunikaty w materiałach konferencyjnych

##### *Przed uzyskaniem stopnia doktora – 2 komunikaty*

1. Wyszowska J., **Zaborowska M.** 2002. *Aktywność enzymów w glebie zanieczyszczonej cynkiem*. 37 Sympozjum Mikrobiologiczne „Rola drobnoustrojów w kształtowaniu środowiska” Olsztyn 2002: 125
2. Kucharski J., **Zaborowska M.**, Wyszowska J. 2003. *Biochemiczne właściwości gleby zanieczyszczonej cynkiem*. Mat. 38. Międzynarodowe Sympozjum Mikrobiologiczne. Warszawa 1-4 wrzesień 2003: 62-63.

##### *Po uzyskaniu stopnia doktora – 21 komunikatów*

3. Wyszowska J., Kucharski J., **Zaborowska M.**, Baćmaga M. 2005. Właściwości mikrobiologiczne gleby zanieczyszczonej metalami ciężkimi. Mat. 39 Konferencji Mikrobiologii Gleby. Kobyla Góra - Wrocław. 5-8 wrzesień 2005: 95-96
4. **Zaborowska M.**, Wyszowska J., Kucharski J. 2005. *Proces amonifikacji i nityfikacji w glebie zanieczyszczonej cynkiem*. Mat. 39 Konferencji Mikrobiologii Gleby. Kobyla Góra - Wrocław. 5-8 wrzesień 2005: 97-98.
5. **Zaborowska M.**, Wyszowska J., Kucharski J. 2005. *Biochemiczne właściwości gleby zanieczyszczonej cynkiem*. Mat. 39 Konferencji Mikrobiologii Gleby. Kobyla Góra - Wrocław. 5-8 wrzesień 2005: 99-100.
6. Wyszowska J., Kucharski J., **Zaborowska M.**, Baćmaga M., 2005. *Aktywność enzymów w glebie zanieczyszczonej metalami ciężkimi*. Mat. 39 Konferencji Mikrobiologii Gleby. Kobyla Góra - Wrocław. 5-8 wrzesień 2005: 93-94.
7. **Zaborowska M.**, Wyszowska J., Kucharski J. 2006. *Aktywność mikrobiologiczna zanieczyszczonej cynkiem gleby o zróżnicowanym pH. Pierwiastki śladowe - kryteria jakości środowiska przyrodniczego*. (Mat. IX Sympozjum Pierwiastki śladowe w środowisku, Sarnówek 11-12 maja 2006): 250-251
8. **Zaborowska M.**, Baćmaga M., Kucharski J., Wyszowska J. 2006. *Wpływ cynku na rozwój drobnoustrojów w podłożach sztucznych*. Mat. 40 ogólnopolskiego Sympozjum Mikrobiologicznego "Aktywność drobnoustrojów w różnych środowiskach" Kraków-Arlamów 3-7.09.2006: 85-86.
9. Kucharski J., Wyszowska J., **Zaborowska M.**, Baćmaga M. 2006. *Aktywność biologiczna gleby zanieczyszczonej herbicydem Apyros 75 WG*. Mat. 40 ogólnopolskiego

- Symposium Mikrobiologicznego "Aktywność drobnoustrojów w różnych środowiskach" Kraków-Arłamów 3-7.09.2006: 44-45.
10. Baćmaga M., **Zaborowska M.**, Kucharski J., Wyszowska J. 2006. *Liczebność drobnoustrojów w glebie zanieczyszczonej herbicydem Harpun 500 SC*. Mat. 40 ogólnopolskiego Symposium Mikrobiologicznego "Aktywność drobnoustrojów w różnych środowiskach" Kraków-Arłamów 3-7.09.2006: 3-4.
  11. Strachel R., **Zaborowska M.**, Wyszowska J. 2014. *The role of liming in restoring biochemical equilibrium in soil contaminated with zinc (preliminary studies)*. XLVIII International Microbiological Conference "Microbiology and Environment Protection" 7-10.09.2014 r. Warszawa: 102.
  12. **Zaborowska M.**, Wyszowska J., Kucharski J., 2014. *The possibilities of restoring the enzymatic balance of soil under exposure to cadmium*. XLVIII International Microbiological Conference "Microbiology and Environment Protection" 7-10.09.2014 r. Warszawa: 125.
  13. Wyszowska J., Borowik A., **Zaborowska M.**, Kucharski J. 2017. *Znaczenie enzymów glebowych w ocenie aktywności biologicznej gleb*. IV Ogólnopolska Konferencja Naukowa Biologiczne Metody Oceny Stanu Środowiska Przyrodniczego Szczecin – Siemczyno, 7-9 czerwca 2017 r.: 89.
  14. **Zaborowska M.**, Wyszowska J. 2017. *Zakłócenia homeostazy w glebie zanieczyszczonej o-krezolem*. IV Ogólnopolska Konferencja Naukowa Biologiczne Metody Oceny Stanu Środowiska Przyrodniczego Szczecin – Siemczyno, 7-9 czerwca 2017 r.: 90
  15. **Zaborowska M.**, Borowik A., Wyszowska J., Kucharski J. 2017. *Przemiany biochemiczne gleby zanieczyszczonej o-krezolem*. Krajowa Platforma Glebowa. Konferencja Naukowa, pt. Krajowe Bazy Danych o Glebach - Stan, Wykorzystanie, Potrzeby. Warszawa 21 września 2017 r.: 29.
  16. Borowik A., **Zaborowska M.**, Wyszowska J., Kucharski J. 2017. *Czynniki kształtujące aktywność dehydrogenaz w glebach mineralnych*. Krajowa Platforma Glebowa. Konferencja Naukowa, pt. Krajowe Bazy Danych o Glebach - Stan, Wykorzystanie, Potrzeby. Warszawa 21 września 2017 r. 29.
  17. **Zaborowska M.**, Wyszowska J., Kucharski J. 2018. *Reakcja oksydoreduktaz na zanieczyszczenie gleby bisfenolem A*. III Ogólnopolska Mikrobiologiczna Konferencja Naukowa Microbs, Dwikozy, 17-18 05.2018 r.: 37
  18. **Zaborowska M.**, Wyszowska J., Kucharski J. 2018. *Właściwości fizykochemiczne a aktywność dehydrogenaz w glebie zanieczyszczonej bisfenolem S i bisfenolem F*. Krajowa Platforma Glebowa „Aktualny stan i potrzeby ochrony gleb zasobnych w węgiel organiczny”. Warszawa, 06.09.2018 r.: 58
  19. **Zaborowska M.**, Wyszowska J., Kucharski J. 2018. *Activity of hydrolase in soil contaminated with bisphenol A*. IX International Agriculture Symposium "AGROSYM". Bośnia i Hercegowina, Jahorina 04-07.X.2018 r.: 64

20. **Zaborowska M.**, Wyszowska J., Kucharski J. *Struktura zbiorowisk bakterii w glebie zanieczyszczonej BPF*. IV Ogólnopolskie Sympozjum Mikrobiologiczne pt. „Metagenomy różnych środowisk”, Lublin 27–28.06.2019 r.:86
  21. **Zaborowska M.**, Wyszowska J., Borowik A., Kucharski J. *Właściwości biologiczne gleby zanieczyszczonej bisfenolem A, bisfenolem F i bisfenolem S*. 54 Konferencja Mikrobiologiczna – „Mikroorganizmy różnych środowisk”, Lublin 20-21.09.2021 r.: 32
  22. **Zaborowska M.**, Wyszowska J., Borowik A., Kucharski J. *The Response of the Soil Microbiome to Contamination with bisphenols*. 13th International Conference on Agrophysics: “Agriculture in changing climate”, Lublin, 15-16.11.2021r.: 209
  23. **Zaborowska M.**, Wyszowska J., Borowik A., Kucharski J. *Różnorodność mikrobiomu w glebie zanieczyszczonej bisfenolem A obsianej rzepakiem jarym i kukurydzą*. VI Ogólnopolskie Sympozjum Mikrobiologiczne pt. „Metagenomy różnych środowisk”, Puławy, 23 – 24.06.2022 r.: 122
5. Wykaz osiągnięć projektowych, konstrukcyjnych, technologicznych (z zaznaczeniem pozycji niewymienionych w pkt I.3) – brak
6. Wykaz publicznych realizacji dzieł artystycznych (z zaznaczeniem pozycji niewymienionych w pkt I.3) – brak
- 7. Wykaz wystąpień na krajowych lub międzynarodowych konferencjach naukowych lub artystycznych, z wyszczególnieniem przedstawionych wykładów na zaproszenie i wykładów plenarnych.**

#### *Przed uzyskaniem stopnia doktora*

**Referaty na konferencjach międzynarodowych** – brak

**Referaty na konferencjach krajowych** – brak

**Postery na konferencjach międzynarodowych** – 1 poster

- 7.1. Kucharski J., **Zaborowska M.**, Wyszowska J. 2003. *Biochemiczne właściwości gleby zanieczyszczonej cynkiem*. 38. Międzynarodowe Sympozjum Mikrobiologiczne. Warszawa 1-4 wrzesień 2003.

**Postery na konferencjach krajowych** – 1 poster

- 7.2. Wyszowska J., **Zaborowska M.** 2002. *Aktywność enzymów w glebie zanieczyszczonej cynkiem*. 37 Sympozjum Mikrobiologiczne „Rola drobnoustrojów w kształtowaniu środowiska” Olsztyn 2002.

**Po uzyskaniu stopnia doktora****Referaty na konferencjach międzynarodowych – brak****Referaty na konferencjach krajowych – 3 referaty**

- 7.3. **Zaborowska M.**, Wyszowska J., Borowik A., Kucharski J. *Właściwości biologiczne gleby zanieczyszczonej bisfenolami*. Seminarium naukowe w ramach projektu RID pn. „Innowacyjna żywność wysokiej jakości dla zdrowia społeczeństwa i zrównoważonego rozwoju – zintegrowany program rozwoju badań naukowych i innowacji w zakresie nauk rolniczych i nauk weterynaryjnych na Uniwersytecie Warmińsko-Mazurskim w Olsztynie”, realizowanego w ramach programu Regionalna Inicjatywa Doskonałości, Olsztyn, 11.12.2020 r.
- 7.4. **Zaborowska M.**, Wyszowska J., Borowik A., Kucharski J. *Właściwości biologiczne gleby zanieczyszczonej bisfenolem A, bisfenolem F i bisfenolem S*. 54 Konferencja Mikrobiologiczna – „Mikroorganizmy różnych środowisk”, Lublin 20-21.09.2021 r.
- 7.5. Wyszowska J., Baćmaga M., Borowik A., Boros-Lajszner E., **Zaborowska M.** *Rola mikroorganizmów i enzymów w przywracaniu wartości rolniczej gleb zdegradowanych*. Seminarium naukowe w ramach projektu RID pn. „Innowacyjna żywność wysokiej jakości dla zdrowia społeczeństwa i zrównoważonego rozwoju – zintegrowany program rozwoju badań naukowych i innowacji w zakresie nauk rolniczych i nauk weterynaryjnych na Uniwersytecie Warmińsko-Mazurskim w Olsztynie”, realizowanego w ramach programu Regionalna Inicjatywa Doskonałości, Olsztyn, 12.2021 r.

**Postery na konferencjach międzynarodowych – 5 posterów**

- 7.6. Strachel R., **Zaborowska M.**, Wyszowska J. 2014. *The role of liming in restoring biochemical equilibrium in soil contaminated with zinc (preliminary studies)*. XLVIII International Microbiological Conference "Microbiology and Environment Protection" 7-10.09.2014 r. Warszawa.
- 7.7. **Zaborowska M.**, Wyszowska J., Kucharski J. 2014. *The possibilities of restoring the enzymatic balance of soil under exposure to cadmium*. XLVIII International Microbiological Conference "Microbiology and Environment Protection" 7-10.09.2014 r. Warszawa.
- 7.8. **Zaborowska M.**, Kucharski J., Wyszowska J. 2016. *Interference with homeostasis of soil contaminated with cobalt, tin and molybdenum*. XVI International Conference of Polish Society of Magnesium Science of the name of prof. Julian Aleksandrowicz "Open and latent deficiency of magnesium" and XIII International Symposium of the series Trace Elements in the Environment "Ecological and Analytical Problems". Olsztyn, September 4-6, 2016.

- 7.9. **Zaborowska M.**, Wyszowska J., Kucharski J. 2018. *Activity of hydrolase in soil contaminated with bisphenol A*. IX International Agriculture Symposium "AGROSYM". Bośnia i Hercegowina, Jahorina 04-07.X.2018 r.: 64
- 7.10. **Zaborowska M.**, Wyszowska J., Borowik A., Kucharski J. *The Response of the Soil Microbiome to Contamination with bisphenols*. 13th International Conference on Agrophysics: "Agriculture in changing climate", Lublin, 15-16.11.2021 r.

#### Postery na konferencjach krajowych – 17 posterów

- 7.11. Wyszowska J., Kucharski J., **Zaborowska M.**, Baćmaga M. 2005. Właściwości mikrobiologiczne gleby zanieczyszczonej metalami ciężkimi. 39 Konferencji Mikrobiologii Gleby. Kobyla Góra - Wrocław. 5-8 wrzesień 2005 r.
- 7.12. **Zaborowska M.**, Wyszowska J., Kucharski J. 2005. *Proces amonifikacji i nityfikacji w glebie zanieczyszczonej cynkiem*. 39 Konferencja Mikrobiologii Gleby. Kobyla Góra - Wrocław. 5-8 wrzesień 2005 r.
- 7.13. **Zaborowska M.**, Wyszowska J., Kucharski J. 2005. *Biochemiczne właściwości gleby zanieczyszczonej cynkiem*. 39 Konferencja Mikrobiologii Gleby. Kobyla Góra - Wrocław. 5-8 wrzesień 2005 r.
- 7.14. Wyszowska J., Kucharski J., **Zaborowska M.**, Baćmaga M., 2005. *Aktywność enzymów w glebie zanieczyszczonej metalami ciężkimi*. 39 Konferencja Mikrobiologii Gleby. Kobyla Góra - Wrocław. 5-8 wrzesień 2005 r.
- 7.15. **Zaborowska M.**, Wyszowska J., Kucharski J. 2006. *Aktywność mikrobiologiczna zanieczyszczonej cynkiem gleby o zróżnicowanym pH. Pierwiastki śladowe - kryteria jakości środowiska przyrodniczego*. IX Sympozjum Pierwiastki śladowe w środowisku, Sarnówek 11-12 maja 2006 r.
- 7.16. **Zaborowska M.**, Baćmaga M., Kucharski J., Wyszowska J. 2006. *Wpływ cynku na rozwój drobnoustrojów w podłożach sztucznych*. 40 ogólnopolskie Sympozjum Mikrobiologiczne "Aktywność drobnoustrojów w różnych środowiskach" Kraków-Arłamów 3-7.09.2006 r.
- 7.17. Kucharski J., Wyszowska J., **Zaborowska M.**, Baćmaga M. 2006. *Aktywność biologiczna gleby zanieczyszczonej herbicydem Apyros 75 WG*. 40 ogólnopolskie Sympozjum Mikrobiologiczne "Aktywność drobnoustrojów w różnych środowiskach" Kraków-Arłamów 3-7.09.2006 r.
- 7.18. Baćmaga M., **Zaborowska M.**, Kucharski J., Wyszowska J. 2006. *Liczebność drobnoustrojów w glebie zanieczyszczonej herbicydem Harpun 500 SC*. 40 ogólnopolskie Sympozjum Mikrobiologiczne „Aktywność drobnoustrojów w różnych środowiskach” Kraków-Arłamów 3-7.09.2006 r.
- 7.19. **Zaborowska M.**, Kucharski J., Wyszowska J. 2015. *Mączka bazaltowa i brunatnice jako szansa na utrzymanie homeostazy w glebie poddanej presji kadmu*. Krajowa



- Platforma Glebowa. Warsztaty Naukowe „Instrumenty i metody przeciwdziałania degradacji gleb użytkowanych rolniczo” IUNG-PIB Puławy. 8-9.10.2015 r.
- 7.20. Wyszowska J., Borowik A., **Zaborowska M.**, Kucharski J. 2017. *Znaczenie enzymów glebowych w ocenie aktywności biologicznej gleb*. IV Ogólnopolska Konferencja Naukowa Biologiczne Metody Oceny Stanu Środowiska Przyrodniczego Szczecin – Siemczyno, 7-9 czerwca 2017 r.
- 7.21. **Zaborowska M.**, Wyszowska J. *Zakłócenia homeostazy w glebie zanieczyszczonej o-krezołem*. IV Ogólnopolska Konferencja Naukowa Biologiczne Metody Oceny Stanu Środowiska Przyrodniczego Szczecin – Siemczyno, 7-9 czerwca 2017 r.
- 7.22. **Zaborowska M.**, Borowik A., Wyszowska J., Kucharski J. 2017. *Przemiany biochemiczne gleby zanieczyszczonej o-krezołem*. Krajowa Platforma Glebowa. Konferencja Naukowa, pt. Krajowe Bazy Danych o Glebach - Stan, Wykorzystanie, Potrzeby. Warszawa 21 września 2017 r.
- 7.23. Borowik A., **Zaborowska M.**, Wyszowska J., Kucharski J. 2017. *Czynniki kształtujące aktywność dehydrogenaz w glebach mineralnych*. Krajowa Platforma Glebowa. Konferencja Naukowa, pt. Krajowe Bazy Danych o Glebach - Stan, Wykorzystanie, Potrzeby. Warszawa 21 września 2017 r.
- 7.24. **Zaborowska M.**, Wyszowska J., Kucharski J. 2018. *Reakcja oksydoreduktaz na zanieczyszczenie gleby bisfenolem A*. III Ogólnopolska Mikrobiologiczna Konferencja Naukowa Microbs, Dwikozy, 17-18 05.2018 r.
- 7.25. **Zaborowska M.**, Wyszowska J., Kucharski J. 2018. *Właściwości fizykochemiczne a aktywność dehydrogenaz w glebie zanieczyszczonej bisfenolem S i bisfenolem F*. Krajowa Platforma Glebowa „Aktualny stan i potrzeby ochrony gleb zasobnych w węgiel organiczny”. Warszawa, 06.09.2018 r.
- 7.26. **Zaborowska M.**, Wyszowska J., Kucharski J. *Struktura zbiorowisk bakterii w glebie zanieczyszczonej BPF*. IV Ogólnopolskie Sympozjum Mikrobiologiczne pt. „Metagenomy różnych środowisk”, Lublin, 27–28.06.2019 r.
- 7.27. **Zaborowska M.**, Wyszowska J., Borowik A., Kucharski J. *Różnorodność mikrobiomu w glebie zanieczyszczonej bisfenolem A obsianej rzepakiem jarym i kukurydzą*. VI Ogólnopolskie Sympozjum Mikrobiologiczne pt. „Metagenomy różnych środowisk”, Puławy, 23 – 24.06.2022 r.
8. Wykaz udziału w komitetach organizacyjnych i naukowych konferencji krajowych lub międzynarodowych, z podaniem pełnionej funkcji – brak
9. Wykaz uczestnictwa w pracach zespołów badawczych realizujących projekty finansowane w drodze konkursów krajowych lub zagranicznych, z podziałem na projekty zrealizowane i będące w toku realizacji, oraz z uwzględnieniem informacji o pełnionej funkcji w ramach prac zespołów.

## 9.1. Projekty finansowane w drodze konkursów

*Przed uzyskaniem stopnia doktora – brak*

*Po uzyskaniu stopnia doktora*

9.1.1. Miniatura 1, Tytuł projektu: „Mikrobiologiczna transformacja gleb zanieczyszczonych związkami fenolowymi” NCN Nr DEC-2017/01/X/NZ9/00726, lata realizacji: 18.10.2017 – 17.10. 2018 r. – **kierownik**.

## 9.2. Projekty uczelniane

*Przed uzyskaniem stopnia doktora*

**Działalność statutowa:**

9.2.1. Relacje między aktywnością drobnoustrojów a plonowaniem roślin (kierownik: prof. dr hab. Jadwiga Wyszowska)

**Zadania badawcze:**

1. Rola substancji organicznej w łagodzeniu skutków zanieczyszczenia gleby cynkiem gleby (2003 r.) – **wykonawca**
2. Aktywność biologiczna gleby zanieczyszczonej herbicydami (2004 r.) – **wykonawca**

*Po uzyskaniu stopnia doktora*

**Działalność statutowa:**

9.2.2. Wykorzystanie drobnoustrojów w podnoszeniu jakości gleb zdegradowanych (kierownik: prof. dr hab. Jadwiga Wyszowska)

**Zadania badawcze:**

1. Oddziaływanie wybranych związków ropopochodnych na aktywność mikrobiologiczną gleby (2005 r.) – **wykonawca**
2. Oddziaływanie wybranych metali ciężkich na aktywność mikrobiologiczną gleby (2006 r.) – **wykonawca**

*01.04.2008 r – 1.10.2013 r - urlop wychowawczy*

**Działalność statutowa:**

9.2.3. Rola drobnoustrojów i enzymów w monitoringu środowiska (kierownik: prof. dr hab. Jadwiga Wyszowska)

**Zadania badawcze:**

1. Rola nawożenia mocznikiem i wapnowania w przywracaniu równowagi mikrobiologicznej gleby zanieczyszczonej cynkiem (2014 r.) - **wykonawca**

2. Rola dodatków łagodzących w niwelowaniu skutków negatywnego oddziaływania cynku w glebie na aktywność hydrolaz (2015 r.) - **wykonawca**
  3. Aktywność biologiczna gleby zanieczyszczonej o-krezołem (2016 r.) - **wykonawca**
  4. Aktywność biologiczna gleby zanieczyszczonej bisfenolem A (2017 r.) - **wykonawca**
  5. Wpływ bisfenoli na wzrost roślin uprawnych (2018 r.) - **wykonawca**
  6. Reakcja mikrobiomu glebowego na zanieczyszczenie gleby BPA, BPS i BPF (2019 r.) – **wykonawca**
  7. Wpływ popiołu ze słomy jęczmiennej na mikrobiom gleby zanieczyszczonej BPS (2020 r.) – **wykonawca**
  8. Reakcja rzepaku jarego, jęczmienia jarego oraz kukurydzy na zanieczyszczenie gleby BPA (2020 r.) – **wykonawca**
  9. Wpływ indywidualnej i połączonej toksyczności bisfenolu A i cynku na mikrobiom gleby (2021 r.) - **wykonawca**
  10. Przydatność ulepszaczy w kształtowaniu naturalnej mikrobioty gleby poddanej presji kadmu i bisfenolu A (2022 r.) – **wykonawca**
- 10. Wykaz członkostwa w międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych wraz z informacją o pełnionych funkcjach.**

*Przed uzyskaniem stopnia doktora* – brak

*Po uzyskaniu stopnia doktora*

**Międzynarodowe towarzystwa naukowe**

1. Członek International Union of Soil Science (01.07.2007 r.).

**Krajowe towarzystwa naukowe**

2. Członek Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego (od 01.07.2007 r.).
3. Członek Polskiego Towarzystwa Mikrobiologów (od 01.05.2014 r.; od 02.2023 r. - członek Zarządu).
4. Członek Polskiego Towarzystwa Magnezologicznego im. Prof. Juliana Aleksandrowicza (od 01.01.2017 r.).

**11. Wykaz staży w instytucjach naukowych lub artystycznych, w tym zagranicznych, z podaniem miejsca, terminu, czasu trwania stażu i jego charakteru.**

**11.1. Staże w instytucjach naukowych**

*Przed uzyskaniem stopnia doktora* – brak

### **Po uzyskaniu stopnia doktora**

1. Oddział Laboratorium Fitosanitarne Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Roślin i Nasiennictwa w Olsztynie (08.03.2021 – 21.03.2021 r.), 14 dni, **staż naukowy**.
2. Vytautas Magnus University, Agriculture Academy, Institute of Agroecosystems and Soil Sciences in Kaunas (20.10.2022 - 28.10.2022 r.), 9 dni, **staż naukowy**.
3. Katedra Mikrobiologii Przemysłowej i Biotechnologii na Wydziale Biologii i Ochrony Środowiska, Uniwersytetu Łódzkiego (21.11.2022 - 11.12.2022 r.), 21 dni, **staż naukowy**.

### **11.2. Warsztaty, kursy i szkolenia**

*Przed uzyskaniem stopnia doktora – brak*

### **Po uzyskaniu stopnia doktora**

#### **Podnoszące kompetencje naukowe**

1. Kurs pt. „Zastosowanie statystyki i STATISTICA w opracowywaniu wyników badań przyrodniczych – metody podstawowe” (6.03.2014 – 7.03.2014 r.), StatSoft Polska.
2. Kurs pt. „Zastosowanie statystyki i STATISTICA w opracowywaniu wyników badań przyrodniczych – metody zaawansowane” (13.03.2014 – 14.03.2014 r), StatSoft Polska.
3. Szkolenie z zakresu technik optymalizacji transferu DNA, przygotowywania i oczyszczania próbek (06.06.2014 r.), Thermo Fisher Scientific (Symbios Life Sciences).
4. Szkolenie pt. „Mikroskopia wirtualna w nauczaniu histologii i histopatologii” (17.02. - 20.02.2015 r.), zorganizowane w ramach projektu pt: „Wzmocnienie potencjału dydaktycznego UWM w Olsztynie”, UWM w Olsztynie.
5. „Szkolenie z zakresu praw autorskich i tekstów naukowych”, (26.03.- 27.03.2015 r.) zorganizowane w ramach projektu pt: „Wzmocnienie potencjału dydaktycznego UWM w Olsztynie”, UWM w Olsztynie.
6. Warsztaty pt. „Filogenetyka molekularna” organizowane przez MBS - Szkolenia, Konferencje, Usługi Sp. z.o.o., (15.03. - 16.03.2018 r.), Warszawa.
7. Warsztaty z zakresu prawa autorskiego dla pracowników naukowych uczelni wyższych (16.05.2018 r.), Kopipol - Stowarzyszenie Zbiorowego Zarządzania Prawami Autorskimi Twórców Dzieł Naukowych i Technicznych.

#### **Podnoszące kompetencje dydaktyczne**

8. Szkolenie z zakresu koordynowania działań związanych z procesem powstawania prac dyplomowych (17.02.2014 – 28.02.2014 r), UWM w Olsztynie.
9. Język migowy w wymiarze 80 h (06.10. - 18.02.2015 r.), poziom podstawowy, Projekt „Wzmocnienie potencjału dydaktycznego UWM w Olsztynie” współfinansowany przez Unię Europejską Funduszu Społecznego.

10. Język migowy w wymiarze 80 h (27.04. - 15.06.2015 r.), poziom średniozaawansowany, Projekt "Wzmocnienie potencjału dydaktycznego UWM w Olsztynie" współfinansowany przez Unię Europejską Funduszu Społecznego.
11. Warsztaty pt. „Wsparcie głuchego i słabosłyszącego studenta w procesie kształcenia na UWM”, (28.09.2015 r.), Biuro ds. Osób Niepełnosprawnych, UWM w Olsztynie.
12. Szkolenie pt. „Uczelnia wobec studentów z zaburzeniami psychicznymi – formy wsparcia edukacyjnego” (27.09. 2016 r.), Optima Centrum Rozwoju i Kształcenia Kadr.
13. Szkolenie pt. „Wsparcie edukacyjne studentów z zaburzeniami ze spektrum autyzmu”, (19.04.2016 r.), Biuro ds. Osób Niepełnosprawnych, UWM w Olsztynie.
14. Szkolenie pt. „Formy komunikowania się ze studentami z diagnozą autyzmu” (11.04.2017 r.), Biuro ds. Osób Niepełnosprawnych, UWM w Olsztynie.
15. Szkolenie pt. „ Jak prawidłowo wspierać studenta z niepełnosprawnością” (22.03.2018 r.), Techpal Sp. z o.o.
16. Szkolenie pt. „Komunikacja i formy wsparcia edukacyjnego studentów z zaburzeniami psychicznymi” (21.09.2018 r.), Optima Centrum Rozwoju i Kształcenia Kadr.
17. Szkolenie pt: „Kurs metodyczny” (01.07.-02.07.2019 r.) realizowane w ramach projektu pn. "Program Rozwojowy Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie" współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego przez Collegium Wratislaviense.
18. Kurs grafiki komputerowej w wymiarze 20 godzin dydaktycznych, (01.02. - 08.02.2019 r.) realizowany w ramach projektu pn. „Program Rozwojowy Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie” współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego, UWM w Olsztynie.
19. Szkolenie z zakresu zdalnego nauczania/kształcenia na odległość (17.06. - 19.06.2020 r.), w ramach projektu pn. „Uniwersytet Wielkich Możliwości – program podniesienia jakości zarządzania procesem kształcenia i jakości nauczania”, UWM w Olsztynie.
20. Szkolenie z zakresu emisji i higieny głosu (28.09 -29.09.2020 r.) zorganizowane w ramach projektu POWR.03.05.00-00-Z201/18 Zadanie 13. Podniesienie kompetencji dydaktycznych nauczycieli akademickich WKŚiR. 28-29.09.2020, UWM w Olsztynie.
21. Szkolenie „Emisja i higiena głosu, II edycja - zajęcia praktyczne” (24.03 - 26.03.2021r.) w ramach działania 3.5 Kompleksowe programy szkół wyższych, Oś priorytetowa III „Szkolnictwo Wyższe dla gospodarki i rozwoju” Programu operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój., UWM w Olsztynie
22. Szkolenie pt. „Status asystenta dydaktycznego w uczelni wyższej” (27.10.2021 r.), Techpal Sp. z o.o.
23. Podniesienie kompetencji językowych - poziom C1 (język angielski)  
- 08.11.2020 – 17.02.2021 r.

- 11.10.2021 – 22.06.2022 r.
- 06.01.2022 - 27.01.2023 r.

kursy zorganizowane w ramach projektów POWR.03.05.00-00-Z310/17-00Z i POWR.03.05.00-00-Z201/18 Podniesienie kompetencji dydaktycznych nauczycieli akademickich WKŚiR, UWM w Olsztynie.

24. Szkolenie pt. „Asertywna komunikacja, czyli jak efektywnie porozumiewać się ze studentami i współpracownikami (z uwzględnieniem szczególnych potrzeb wynikających z niepełnosprawności) (13.12.2022 r.), Stowarzyszenie „Twoje Nowe Możliwości”, UWM w Olsztynie.

### **Podnoszące kompetencje społeczne**

25. Seminarium pt. „Asertywność w życiu DDA” (03.06.2014 r), Fundacja Progress.
26. Kurs pt. „Nadmierne poczucie odpowiedzialności. Typy osobowości i ich wpływ na nasze życie” (04.10.2014 r.), P.U.H. Elim Ośrodek Doksztalcania i Doskonalenia Zawodowego.
27. Szkolenie nt. „Funkcjonowanie osoby z całościowymi zaburzeniami rozwoju” (08.05.2015 r.) projekt współfinansowany ze środków Urzędu Miasta Wydziału Zdrowia i Polityki Społecznej w Olsztynie.
28. Warsztaty pt. „Jak mówić, żeby zbudować pozytywny wizerunek” (16.04.2015 r.), UWM w Olsztynie.
29. Kurs pt. „Zespół stresu pourazowego PTSD w życiu DDA” (14.02.2015 r.), P.U.H. Elim Ośrodek Doksztalcania i Doskonalenia Zawodowego.
30. Szkolenie pt. „Jak skutecznie promować własne wyniki badań, podczas wystąpień publicznych i poprzez media społecznościowe?” (9.05 -10.05.2016 r.), Stowarzyszenie Rozwoju Karier Doktorantów i Doktorów PolDoc.
31. Warsztaty pt. „Jak rozpoznawać zachowania kulturowe głuchych?” (23.03.2017 r.), Biuro ds. Osób Niepełnosprawnych, UWM w Olsztynie.
32. Szkolenie „Epilepsja - pierwsza pomoc” (30.03.2017 r.), Techpal, Spółka Sp. z o.o.
33. Szkolenie z zakresu wiedzy na temat zespołu Aspergera i zaburzeń współwystępujących (25.04. 2017 r.), Stowarzyszenie „Twoje Nowe Możliwości”.
34. Warsztaty pt. „Jak zachować się wobec osoby z niepełnosprawnością” (15.09. 2017 r.), Biuro ds. Osób Niepełnosprawnych, UWM w Olsztynie.
35. Szkolenie pt. „Etykieta wobec osób z niepełnosprawnościami” (12.06.2019 r.), Techpal Sp. z o.o.
36. Szkolenie z zakresu pierwszej pomocy w postępowaniu w sytuacjach zagrożenia życia (09.05.2019 r.). Zajęcia teoretyczne i praktyczne zgodnie z wytycznymi European Resuscitation Council 2015 roku.



37. Szkolenie z zakresu podstawowych zabiegów resuscytacyjnych osoby dorosłej z użyciem AED. (22.05.2019 r.). Zajęcia teoretyczne i praktyczne zgodnie z wytycznymi European Resuscitation Council 2015 roku.
38. Szkolenie pt. „Stop depresji” (07.11.2019 r.), Fundacja 36i6 w ramach projektu „Bądźmy w kontakcie”.
39. Szkolenie pt. „Style wychowania w rodzinie, a rozwój osobowości dziecka” (02.12.2019 r.), Fundacja 36i6 w ramach projektu „Bądźmy w kontakcie”.
40. Wykład szkoleniowy pt. „Zaburzenia ze spektrum autyzmu” (25.04.2019 r.), Biuro ds. Osób Niepełnosprawnych, UWM w Olsztynie.
41. Szkolenie pt. „Budowanie poczucia wartości dziecka” (17.09.2021r, 20.09.2021 r.), CNSR Sp. s o.o.
42. Uzyskanie uprawnień: Trenera Treningu Umiejętności Społecznych (20.11.2021 r.) Ukończenie szkolenia potwierdzającego zdobycie wiedzy i kompetencji potrzebnych do prowadzenia zajęć z zakresu Treningu Umiejętności Społecznych dla dzieci i osób dorosłych. Studio Psychologiczne Joanna Węglarz, Gdynia.
43. Uzyskanie uprawnień Trenera TUS osób z autyzmem i zespołem Aspergera (20.11.2021 r.). Ukończenie szkolenia potwierdzającego zdobycie wiedzy i kompetencji potrzebnych do prowadzenia zajęć z zakresu Treningu Umiejętności Społecznych dla osób z zaburzeniami ze spektrum autyzmu. Studio Psychologiczne Joanna Węglarz, Gdynia.
44. Szkolenie pt. „Zaburzenia depresyjne” (10.02.2022 r.), Uniwersyteckie Centrum Wsparcia, Ośrodek ds. Osób z Niepełnosprawnościami, UWM w Olsztynie.

## **12. Wykaz członkostwa w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism wraz z informacją o pełnionych funkcjach (np. redaktora naczelnego, przewodniczącego rady naukowej, itp.).**

1. Członkostwo w komitecie redakcyjnym czasopisma *Environments* (Redaktor gościnny wydania specjalnego „Contamination in Agricultural Soil” (07.2022 - 03.2023 r.)

## **13. Wykaz recenzowanych prac naukowych lub artystycznych, w szczególności publikowanych w czasopismach międzynarodowych.**

1. Qiu J., Cao J., Lan G., Liang Y., Wang H., Li Q. 2020. *The influence of land use patterns on soil bacterial community structure in the karst graben basin of Yunnan Province, China*. Forests. ID: forests-661162
2. Xia F., Hu B., Zhu Y., Ji W., Chen S., Xu D., Shi Z. 2020. *Improved mapping of potentially toxic elements in soil via integration of multiple data sources and various geostatistical methods*. Remote Sensing. ID: remotesensing-963403

3. Meyer S., Fischer D., Karlton E., Silvén P. M., Meyer A. 2020. *Biochar – a valuable soil amendment for asparagus cultivation?* Soil Systems. ID: soilsystems-795292
4. Lin Y.H., Cheng Y.S. 2020. *Phenol Degradation Kinetics by Free and Immobilized Pseudomonas putida BCRC 14365 in Batch and Continuous-Flow Bioreactors.* Processes. ID: processes-822492
5. Nguyen T. H., Wang S.L., Rolshausen P., Nguyen A. D. 2020. *Effects of ecological factors and farming practices on soil microorganism community and disease management of Black Pepper (Piper nigrum L.) original: Effects of soil microbial ecological system on disease management of Black Pepper (Piper nigrum L.).* Agronomy. ID: agronomy-860986
6. Ali N., Lin Y., Qing Z., Xiao D., Din A. U., Ali I., Lian T., Chen B., Wen R. 2020. *The Role of Agriculture in the Dissemination of Class I Integrons, Antimicrobial Resistance and Diversity of their Gene Cassettes in the Southern China.* Genes. ID: genes-888402
7. Zhao F., Zhang Y., Li Z. Shi J., Zhang G., Zhang H., Yang L. 2020. *Vermicompost improves microbial functions of soil with continuous tomato cropping in a greenhouse.* Journal of Soils and Sediments. ID: JSSS-D-18-01017
8. Cardelli R., Becagli M., Marchini F. 2020. *Soil biochemical activities after the application of pyroligneous acid to soil.* Soil Research. ID: forests-1498889
9. Li Z., Sili P., Yuxiao H., Yali W., Yi D., Cai L. G. 2020. *A Preliminary Study on the Determination of the Fertilization Tolerance of an Entisol in the Yuanmou Dry-hot River Valley Based on Soil Qualities in Plot Scale.* Agriculture. ID: agriculture-743458
10. Cao J., Zheng Y., Yang Y. 2020. *Phylogenetic structure of soil bacterial communities along age sequence of subtropical Cunninghamia lanceolata plantations.* Sustainability. ID: sustainability-709521
11. Zanardo M., Giannattasio M., Sablok G., Pindo M., Porta N.L., Lorenzetti M., Noro C., Giannattasio M., Stevanato P., Squartini A. 2020. *Metabarcoding analysis of the bacterial and fungal communities during the maturation of Preparation 500, used in biodynamic agriculture, suggests a rational link between horn and manure.* Agronomy. ID: agronomy-932469
12. Qu Y., Tang J., Li Z., Zhou Z., Wang J., Wang S., Cao Y. 2020. *The Influence of Rhizosphere and Non-rhizosphere Soil Physico-Chemical Properties on Enzyme Activities and Microorganism in Saline-Alkali Paddy Fields of Northeast China.* Sustainability. ID: sustainability-1000353
13. Chang J., Shi S., Tian L., Leite M. F.A., Chang Ch., Ji L., Ma L., Tian Ch., Kuramae E. E. 2021. *Self-crossing leads to weak co-variation of the bacterial and fungal communities in the rice rhizosphere.* Microorganisms. ID: microorganisms-1067818
14. Manea A., Crisan D., Baciut G., Băciuț M., Bran S., Armencea G., Crisan M., Colosi H.A., Colosi I.A., Vodnar D. C., Aghiorghiesei A.I., Aghiorghiesei O., Onisor F.,

- Dinu C. 2021. *The importance of atmospheric microbial contamination control in dental offices. Raised awareness caused by the SARS-CoV-2 pandemic*. Applied Sciences. ID: applsci-1127278
15. Zahri K.N.M, Gomez-Fuentes C, Sabri S., Zulkharnain A., Khalil K.A., Lim S., Ahmad S.A. 2021. *Evaluation of Heavy Metal Tolerance Level of the Antarctic Bacterial Community in Biodegradation of Waste Canola Oil*. Sustainability. ID: sustainability-1332066
  16. Jastrzębska M., Kostrzevska M. K. Saeid A., Jastrzębski P.W. 2021. *Do new-generation recycled phosphorus fertilizers increase the content of potentially toxic elements in soil and plants?* Minerals ID: minerals-1367277
  17. Sarkar D., Rakshit A, Al-Turki A. I., Sayyed R. Z., Datta R. 2021. *Connecting bio-priming approach with integrated nutrient management for improved nutrient use efficiency in crop species*. Agriculture ID: agriculture-1152660
  18. Lopes I.J., Correia C.M., Gonçalves A., Silva E., Martins S., Arrobas M., Rodrigues M.A. 2021. *Arbuscular mycorrhizal fungi inoculation reduced the growth of pre-rooted olive cuttings in a greenhouse*. Soil System. ID: soilsystems-1176253
  19. Bairwa R., Jha Ch. K., Mamta M., Bagoria N., Mandal N. 2021. *Organic Practices for Improving Soil Health and Produce Quality: A Review*. Sustainability. ID: sustainability-1217434
  20. Venkatesh N., Koss M. J., Greco C., Nickles G., Wiemann P., Keller N. P. 2021. *Secreted secondary metabolites reduce bacterial wilt severity of tomato in bacterial-fungal co-infections*. Microorganisms ID: microorganisms-1387089
  21. Song J., Kong Z.Q., Zhang D.D., Chen J.Y., Dai X.F., Li R. 2021. *Rhizosphere Microbiomes of Potato Cultivated under Bacillus subtilis Treatment Influence the Quality of Potato Tubers*. International Journal of Molecular Sciences. ID: ijms-1402305
  22. Micle V., Sur I. M. 2021. *Experimental investigation of a pilot-scale concerning ex-situ bioremediation of petroleum hydrocarbons contaminated soils*. Sustainability. ID: sustainability-1256129
  23. Micle V., Sur I.M. 2021. *Experimental investigation of a pilot-scale concerning ex-situ bioremediation of petroleum hydrocarbons contaminated soils*. Sustainability. ID: sustainability-1303892
  24. Kim S. H., Vujanovic V. 2021. *ATP-binding cassette (ABC) transporters in Fusarium specific mycoparasite Sphaerodes mycoparasitica during biotrophic mycoparasitism*. Microorganisms. ID: microorganisms-1439390
  25. Sui X., Wang X., Li Y., Ji H. 2021. *Remediation of petroleum contaminated soils with microbial and microbial combined methods advances mechanisms and challenges*. Sustainability. ID: sustainability-1305308

26. Zhang, Z., Fu, Q., Xiao, C., Ding M., Liang D., Li H., Liu R. 2022. *Impact of Paenarthrobacter ureafaciens ZF1 on the soil enzyme activity and microbial community during the bioremediation of atrazine-contaminated soils*. Diversity. ID: diversity-1492059
27. Li Q., Zhu Ch., Huang Si., Yu J., Wu X., Yang F., Tigabu M., Hou X. 2021. *Soil microorganisms in Dicranopteris dichotoma populations indicate stages of revegetation in areas of red soil erosion*. Forests. ID: forests-1498889
28. Anning D.K. , Li Z., Qiu H., Deng D., Zhang Ch., Ghanney P., Shen Q. 2021. *Divergent Accumulation of Microbial Residues and Amino Sugars in Loess Soil after Six Years of Different Inorganic Nitrogen Enrichment Scenarios*. Applied Sciences. ID: applsci-1127278
29. Liu X., Gao M., Wang I., Gu Z., Cheng G. 2021. *Characteristics of the nitrogen cycle under simultaneous denitrification and anammox in a pond culture environment. International Journal of Environmental Research and Public Health*. ID: ijerph-1572489
30. Hao X, Bai L, Liu X, Zhu P, Liu H, Xiao Y, Geng J, Liu Q, Huang L, Jiang H. 2021. *Cadmium Speciation Distribution Responses to Soil Properties and Soil Microbes of Plow Layer and Plow Pan Soils in Cadmium-Contaminated Paddy Fields*. Journal of Soils and Sediments. ID: JSSS-D-20-01261
31. Waheed A., Haxim Y., Kahar G., Liu X., Wen X., Ullah A., Islam W., Zhang D. 2022. *Symbiotic efficiency and biochemical characterization of efficient rhizobacteria associated with chickpea*. Plants. ID: plants-1635528
32. Chen M., Wei X., Zhang J., Zhou H., Chen N., Wang J., Feng Y., Yu S., Zhang J., Wu S., Ye Q., Pang R., Ding Y., Wu Q. 2022. *Differentiation of Bacillus cereus and Bacillus thuringiensis using genome-guided MALDI-TOF MS based on variations in ribosomal proteins*. Microorganisms. ID: microorganisms-1661393
33. Morgunova M.M., Pereliaeva V.E., Dmitrieva M. E., Belyshenko A. Y., Ostyak A.S, Petuhov A. E., Imidoeva N.A., Tel'nova T. Y., Shelkovnikova V.N., Axenov-Gribanov D.V. 2022. *Penicillium sp. IB2019K3-2 isolated from endemic amphipods of Lake Baikal: screening, identification, and antibiotic activity of secondary metabolites*. Applied Microbiology. ID: applmicrobiol-1671608
34. Girón D.J.T., Tolibia S. E. M., Pacheco A. D., Goné A. M. L., Martínez P. S., López V.E. L. 2022. *Transition state regulator AbrB overproduction affects sporulation and cry1Ac gene expression in Bt HD73 at different fed-batch culture conditions*. Microorganisms. ID: microorganisms-1728788
35. Zinn M.K., Flemming H.C., Bockmühl D. 2022. *A Comprehensive View of Microbial Communities in the Laundering Cycle Suggests a Preventive Effect of Soil Bacteria on Malodour Formation*. Microorganisms. ID: microorganisms-1784113

36. Yi Y., Luan P., Liu S., Shan Y., Hou Z., Zhao S., Jia S., Li R. 2022. *Efficacy of Bacillus subtilis XZ18-3 as a Biocontrol Agent against Rhizoctonia cerealis on Wheat*. Agriculture. ID: agriculture-1560728
37. Rindi L., Puglisi V., Franconi I., Fais R., Lupetti A. 2022. *Rapid and Accurate Identification of Nontuberculous Mycobacteria Directly from Positive Primary MGIT Cultures by MALDI-TOF MS*. Microorganisms. ID: microorganisms-1805663
38. Xu Q., Du Z., Wang L., Xue K., Wei Z., Zhang G., Liu K., Lin J.i, Lin P., Chen T., Xiao C. 2022. *The role of thermokarst lake expansion in altering the microbial community and methane cycling in Beiluhe Basin on Tibetan Plateau*. Microorganisms. ID: microorganisms-1825792
39. Yu H., Shao W., Xu G., Xie N., Yang X., Gao D. Peng Si. 2022. *Soil amendment with sugar alcohols changes the soil microbial community and its enzymatic activities*. Journal of Soils and Sediments. ID: JSSS-D-22-01012
40. Yang F., Peng Z., Yu Ch., Xue M., Chen H. 2022. *Rice microbiome improves resistance of rice plants to phytopathogens*. Plants (ISSN 2223-7747 ID: plants-1965122
41. Guarino, S., Mercati, F., Fatta Del Bosco, S., Motisi, A., Abbate, L. 2022. *Rootstocks with Different Tolerance Grade to Citrus Tristeza Virus Induce Dissimilar Volatile Profile in Citrus sinensis and Avoidance Response in the Vector Aphis gossypii Glover*. Plants. ID: plants-2069925
42. Liang S., Wang S.N., Zhou L.L., Sun S., Zhuang L.L., Zhang J. 2022. *Combination of biochar and functional bacteria drives the ecological improvement of saline-alkali soil*. Plants. ID: plants-2096258
43. Liang, S., Wang, S.N., Zhou, L.L., Sun, S., Zhang, J., Zhuang, L.L. 2023. *Combination of Biochar and Functional Bacteria Drives the Ecological Improvement of Saline–Alkali Soil*. Plants. ID: plants-2144080
44. Pisuttu, C., Risoli, S., Moncini, L., Nali, C., Pellegrini, E., Sarrocco, S. 2023. *Sustainable Strategies to Counteract Mycotoxins Contamination and Cowpea Weevil in Chickpea Seeds during Post-Harvest*. Toxins. ID: toxins-2145218
45. *Mycotoxins in rice correlate with other contaminants? The Portuguese scenario and human risk assessment*. Toxins. ID: toxins-2172196
46. Liang, X., Kong, Y., Sun, H., Zhao, R., Jiao, L., Zhang, W., Liu, B. 2023. *Study on the Interaction Mechanism of Methoxy Polyethylene Glycol Maleimide with Sweet Potato  $\beta$ -Amylase*. Molecules. ID: molecules-2235007
47. *Processing properties and potency of Bacillus thuringiensis Cry toxins in rice leafhopper, Cnaphalocrocis medinalis (Guenée)*. 2023. Toxins. ID: toxins-2279654



48. *Response of soil enzymes to soil properties and seasonal characteristics of cyanobacteria-dominated crusts in a dryland ecosystem.*2023. Journal of Soils and Sediments. ID: JSSS-D-22-01445

#### 14. Wykaz uczestnictwa w programach europejskich lub innych programach międzynarodowych.

*Przed uzyskaniem stopnia doktora – brak*

*Po uzyskaniu stopnia doktora*

1. Roczny projekt „*Bądźmy w kontakcie*” finansowany przez Narodową Agencję Europejskiego Korpusu Solidarności, poświęcony walce z depresją wśród młodzieży (Nr projektu: 2019-1-PL01-ESC31-062666 (01.06.2019 r. – 31.05.2020 r.)) - jeden z 5 najlepszych projektów w Polsce FRSE 2020; **współtwórca i wykonawca projektu jako członek zarządu Fundacji 36i6.**
2. Roczny projekt „*Pozytywka*” finansowany przez Narodową Agencję Europejskiego Korpusu Solidarności aktywizującego młodzież utalentowaną muzycznie (Nr projektu: 2019-2- PL01-ESC31-066316 (01.08.2019 r. – 31.07.2020 r.)); **współtwórca i wykonawca projektu jako członek zarządu Fundacji 36i6.**
3. Roczny projekt „*Alter*” finansowany przez Narodową Agencję Europejskiego Korpusu Solidarności, dedykowany młodzieży dotkniętej skutkami pandemii (Nr projektu: 2020-3-PL01-ESC31-094870, (01.03.2021 r. – 28.02.2022 r.)); **współtwórca i wykonawca projektu jako członek zarządu Fundacji 36i6.**
9. Wykaz udziału w zespołach badawczych, realizujących projekty inne niż określone w pkt. II.9 – brak
10. Wykaz uczestnictwa w zespołach oceniających wnioski o finansowanie badań, wnioski o przyznanie nagród naukowych, wnioski w innych konkursach mających charakter naukowy lub dydaktyczny – brak

### III. WSPÓŁPRACA Z OTOCZENIEM SPOŁECZNYM I GOSPODARCZYM

1. Wykaz dorobku technologicznego – brak

#### 2. Współpraca z sektorem gospodarczym.

*Przed uzyskaniem stopnia doktora – brak*

*Po uzyskaniu stopnia doktora*

1. Projekt pt: „Ocena rolniczej efektywności łącznego stosowania RSM z kwasami humusowymi (Tohumus) w uprawie roślin rolniczych”. Zleceniodawca: Grupa Azoty Spółka Akcyjna z siedzibą w Tarnowie i Grupa Azoty Zakłady Azotowe „Puławy” Spółka Akcyjna z siedzibą w Puławach. Czas realizacji: 2022-2024. Kierownik projektu: prof. dr hab. Jadwiga Wierzbowska. Zadanie nr 3 „Mikrobiologia gleby” – kierownik zadania: prof. dr hab. Jadwiga Wyszowska (nr tematu 30.690.007-500), **wykonawca**
3. **Wykaz uzyskanych praw własności przemysłowej, w tym uzyskanych patentów krajowych lub międzynarodowych.**

*Przed uzyskaniem stopnia doktora – brak*

***Po uzyskaniu stopnia doktora***

1. Współautorskie opublikowanie **2963** sekwencji nukleotydowych bakterii zdeponowanych w bazie GenBank National Center for Biotechnology Information (NCBI).
2. Współautorskie opublikowanie **836** sekwencji nukleotydowych grzybów w GenBank National Center for Biotechnology Information (NCBI).
3. Wyizolowanie czterech gatunków bakterii: *Pseudomonas umsongensis*, *Bacillus mycoides*, *Bacillus weihenstephanensis*, *Bacillus subtilis* i czterech gatunków grzybów: *Mucor circinelloides*, *Penicillium daleae*, *Penicillium chrysogenum*, *Aspergillus niger* o potencjale bioremediacyjnym wobec bisfenoli.
4. Wykaz wdrożonych technologii – brak
5. Wykaz wykonanych ekspertyz lub innych opracowań wykonanych na zamówienie instytucji publicznych lub przedsiębiorców – brak

**6. Wykaz udziału w zespołach eksperckich lub konkursowych.**

*Przed uzyskaniem stopnia doktora – brak*

***Po uzyskaniu stopnia doktora***

1. Zrecenzowanie 47 publikacji naukowych w czasopismach znajdujących się w Journal Citation Report (JCR), w tym 45 przypisanych do dyscypliny rolnictwo i ogrodnictwo:
  - 140 pkt MEiN - International Journal of Molecular Sciences (1);
  - 100 pkt MEiN - Molecules (1), Forests (2), Remote Sensing (1), Agronomy (2), Journal of Soils and Sediments (4), Minerals (1), Agriculture (3), Genes (1), Toxins (3); 70 pkt MEiN - Processes (1), Soil Research (1), Sustainability (7), Diversity (1), International Journal of Environmental Research and Public Health (1), Plants (5);
  - 40 pkt MEiN - Applied Sciences - (3);

- 20 pkt MEiN - Soil Systems (1), Microorganisms (8), Applied Microbiology (1).

## 7. Wykaz projektów artystycznych realizowanych ze środowiskami pozaartystycznymi.

1. Projekt „Pod jednym dachem nieba” opierający się na współpracy międzynarodowej z Czechami w obszarze kultury, edukacji i integracji międzynarodowej. Projekt został dofinansowany z środków Senatu RP (2016), **współtwórca i wykonawca projektu jako członek zarządu Fundacji 36i6.**
2. Projekt „*Sercem dla Ukrainy*” finansowany przez Patsy & Michel Hull Foundation e.V. Gerberhof 10 Deutschland- 49074 Osnabrück (2022), **współtwórca i wykonawca projektu jako członek zarządu Fundacji 36i6.**
3. Cztery edycje (IX, X, XII, XII) *Olsztyńskich Warsztatów Gospel* (2016-2019). Wydarzenie o zasięgu krajowym, wieńczone corocznie koncertem finałowym w Amfiteatrze im. Czesława Niemena w Olsztynie w ramach Olsztyńskiego Lata Artystycznego; dofinansowanie - Urząd Miasta Olsztyn, **współorganizator wydarzeń jako członek zarządu Fundacji 36i6.**
4. Koncertu Jubileuszowy "*Soli Deo Gloria*", w ramach priorytetu Marszałka Województwa Warmińsko-Mazurskiego. Filharmonia Warmińsko-Mazurska w Olsztynie w roku (2017). **współorganizator wydarzenia jako członek zarządu Fundacji 36i6.**

### 7.a Artykuły popularne

1. Zaborowska M. 2018. Kobiетки małe i duże. *Gazeta Dywicka*. 67: 12. ISSN 1733-2796
2. Zaborowska M. 2019. Zoom – oko na Maroko. *Gazeta Dywicka*. 72. 12. ISSN 1733-2796
3. Zaborowska M. 2019. Narodziny marzeń. *Gazeta Dywicka*. 72. 14. ISSN 1733-2796

## IV. DANE NAUKOMETRYCZNE

1. **Impact Factor (w dziedzinach i dyscyplinach, w których parametr ten jest powszechnie używany jako wskaźnik naukometryczny).**

**Impact Factor: 64,489**

2. **Liczba cytowań publikacji wnioskodawcy, z oddzielnym uwzględnieniem autocytowań według bazy Web of Science (WoS)**

**Łączna liczba cytowań – 140 (24.03.2023 r.)**

**Bez autocytowań - 92 (24.03.2023 r.)**

3. **Indeks Hirscha według bazy Web of Science (WoS) – 7 (24.03.2023 r.)**

## 4. Tabelaaryczne zestawienie dorobku naukowego

Tabela 1. Syntetyczne zestawienie opublikowanego dorobku naukowego według rodzaju publikacji – zestawienie liczbowe

| Rodzaj publikacji  |  | Przed<br>doktoratem | Po<br>doktoracie | Razem     |
|--|--|---------------------|------------------|-----------|
| A. Prace stanowiące cykl publikacji składających się na osiągnięcie naukowe w postpowaniu habilitacyjnym |  |                     |                  |           |
| Publikacje w czasopiśmie <i>Journal Citation Report</i> (JCR)  |  | 0                   | 6                | 6         |
| <b>Razem</b>   |  | <b>0</b>            | <b>6</b>         | <b>6</b>  |
| B. Pozostałe opublikowane prace naukowe  |  |                     |                  |           |
| Publikacje w czasopiśmie <i>Journal Citation Report</i> (JCR)  |  | 0                   | 16               | 16        |
| Oryginalne prace twórcze opublikowane w czasopiśmie spoza listy JCR                                      |  | 1                   | 11               | 12        |
| <b>Razem</b>   |  | <b>1</b>            | <b>33</b>        | <b>34</b> |
| Raporty i sprawozdania   |  | 2                   | 11               | 13        |
| Komunikaty w materiałach konferencyjnych międzynarodowych  |  | 1                   | 4                | 5         |
| Komunikaty w materiałach konferencyjnych krajowych   |  | 1                   | 17               | 18        |
| <b>Razem</b>   |  | <b>4</b>            | <b>32</b>        | <b>36</b> |
| <b>Razem<br/>Pozostałe opublikowane prace naukowe</b>  |  | <b>1</b>            | <b>27</b>        | <b>28</b> |
| <b>Razem<br/>Osiągnięcie habilitacyjne plus pozostałe opublikowane prace naukowe</b>                     |  | <b>1</b>            | <b>33</b>        | <b>34</b> |

Tabela 2. Syntetyczne zestawienie opublikowanego dorobku naukowego według rodzaju publikacji – wartość punktowa (MEiN/MNiSW wg roku wydania)

| Rodzaj publikacji  | Przed<br>doktorate<br>m | Po doktoracie |             | Razem       |
|--|-------------------------|---------------|-------------|-------------|
|  |                         | MNiSW/MEiN    |             |             |
|  |                         | do 2018 r.    | od 2019 r.  |             |
| A. Cykl prac składających się na osiągnięcie naukowe w postępowaniu habilitacyjnym |                         |               |             |             |
| Publikacje w czasopiśmie <i>Journal Citation Report</i> (JCR)                      | 0                       | 0             | 660         | 660         |
| <b>Razem</b>   | <b>0</b>                | <b>0</b>      | <b>660</b>  | <b>660</b>  |
| B. Wykaz innych opublikowanych prac naukowych                                      |                         |               |             |             |
| Publikacje w czasopiśmie <i>Journal Citation Report</i> (JCR)                      | 0                       | 181           | 840         | 1021        |
| Oryginalne prace twórcze opublikowane w czasopismach spoza listy JCR               | 4                       | 44            | 0           | 48          |
| <b>Razem</b>   | <b>4</b>                | <b>225</b>    | <b>840</b>  | <b>1069</b> |
| <b>Razem</b>   | <b>4</b>                | <b>225</b>    | <b>1500</b> | <b>1729</b> |

Tabela 3. Zestawienie dorobku publikacyjnego według punktacji zgodnie z rokiem opublikowania wg MEiN/MNiSW oraz Impact Factor w roku publikacji

| Nazwa czasopisma                                   | Liczba    | Liczba punktów za publikację | Suma punktów | Impact Factor za publikację | Suma Impact Factor |
|--|-----------|------------------------------|--------------|-----------------------------|--------------------|
| Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego |           |                              |              |                             |                    |
| International Journal of Molecular Sciences        | 3         | 140                          | 420          | 12,416<br>4,556             | 16,972             |
| Journal of Soil and Sediments                      | 1         | 100                          | 100          | 3,536                       | 3,536              |
| Environmental Monitoring and Assessment            | 1         | 70                           | 70           | 2,470                       | 2,470              |
| Environmental Science and Pollution Research       | 1         | 70                           | 70           | 3,056                       | 3,056              |
| <b>Suma</b>  | <b>6</b>  | <b>-</b>                     | <b>660</b>   | <b>-</b>                    | <b>26,634</b>      |
| Pozostałe publikacje                               |           |                              |              |                             |                    |
| Czasopisma z listy JCR                             |           |                              |              |                             |                    |
| Soil and Water Research                            | 1         | 15                           | 15           | 0,691                       | 0,691              |
| Communications in Soil Science and Plant Analysis  | 1         | 15                           | 15           | 0,667                       | 0,667              |
| Journal of Elementology                            | 1         | 15                           | 30           | 0,797                       | 1,496              |
|  | 1         | 15                           |              | 0,699                       |                    |
| Environmental Monitoring and Assessment            | 1         | 25                           | 50           | 1,687                       | 3,788              |
|  | 1         | 25                           |              | 2,101                       |                    |
| International Journal of Environment and Pollution | 1         | 15                           | 15           | 0,429                       | 0,429              |
| Water Air and Soil Pollution                       | 1         | 25                           | 25           | 1,769                       | 1,769              |
| Postępy Mikrobiologii                              | 1         | 15                           | 15           | 0,263                       | 0,263              |
| Soil Research                                      | 1         | 20                           | 20           | 1,591                       | 1,591              |
| Materials  | 4         | 140                          | 560          | 3,748                       | 14,992             |
| International Journal of Molecular Sciences        | 2         | 140                          | 280          | 6,208                       | 12,416             |
| <b>Suma</b>  | <b>16</b> | <b>-</b>                     | <b>1021</b>  | <b>-</b>                    | <b>38,102</b>      |



Tabela 3cd. Zestawienie dorobku publikacyjnego według punktacji zgodnie z rokiem opublikowania wg MNiSW oraz Impact Factor w roku publikacji

| Nazwa czasopisma  | Liczba    | Liczba punktów za publikację | Suma punktów | Impact Factor za publikację | Suma Impact Factor |
|---|-----------|------------------------------|--------------|-----------------------------|--------------------|
| <b>Czasopisma z poza listy JCR MNiSW</b>                    |           |                              |              |                             |                    |
| Polish Journal of Environmental Studies                     | 1         | 10                           | 10           | 0,353                       | 0,353              |
| Polish Journal of Natural Science                           | 1         | 2                            | 2            | -                           | -                  |
| Journal of Elementology                                     | 1         | 4                            | 4            | -                           | -                  |
|   | 2         | 6                            | 12           | -                           | -                  |
| Ekologia i Technika   | 1         | 5                            | 5            | -                           | -                  |
| Acta Agraria et Silvestria Series Agraria                   | 3         | 1                            | 3            | -                           | -                  |
| Electronic Journal of Polish Agricultural Universities      | 2         | 4                            | 8            | -                           | -                  |
| Episteme. Czasopismo Naukowo-Kulturalne                     | 1         | 4                            | 4            | -                           | -                  |
| <b>Suma</b>   | <b>12</b> | <b>-</b>                     | <b>48</b>    | <b>-</b>                    | <b>-</b>           |
| <b>Inne</b>   |           |                              |              |                             |                    |
| Raporty i sprawozdania                                      | 13        | -                            | -            | -                           | -                  |
| Komunikaty w materiałach konferencyjnych międzynarodowych   | 5         | -                            | -            | -                           | -                  |
| Komunikaty w materiałach konferencyjnych krajowych          | 18        | -                            | -            | -                           | -                  |
| <b>Suma</b>   | <b>36</b> | <b>-</b>                     | <b>-</b>     | <b>-</b>                    | <b>-</b>           |
| <b>RAZEM</b><br>prace składające się na osiągnięcie naukowe | 6         | -                            | 660          | -                           | 26,034             |
| <b>RAZEM</b><br>pozostałe publikacje i opracowania          | 64        | -                            | 1069         | -                           | 38,455             |
| <b>RAZEM</b>  | <b>70</b> | <b>-</b>                     | <b>1729</b>  | <b>-</b>                    | <b>64,489</b>      |



(podpis wnioskodawcy)