



Instytut Uprawy  
Nawożenia i Gleboznawstwa  
Państwowy Instytut Badawczy



**AUTOREFERAT**  
**w postępowaniu habilitacyjnym**  
**w dziedzinie nauk rolniczych, dyscyplinie ochrona i kształtowanie środowiska**

**dr Anna Gałązka**

Zakład Mikrobiologii Rolniczej  
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa –  
Państwowy Instytut Badawczy

**Puławy, 2018 r.**

Anna Gałązka  
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy  
Zakład Mikrobiologii Rolniczej  
ul. Czartoryskich 8  
24-100 Puławy

1. Dane personalne

Imię i nazwisko: **Anna Gałązka**

Data urodzenia: 05.04.1979 r.

Miejsce urodzenia: Jasło

Miejsce pracy: Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Mikrobiologii Rolniczej

Dane kontaktowe: tel. 81 47 86 950

e-mail: agalazka@iung.pulawy.pl

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytuł rozprawy doktorskiej.

- 1998-2000** uzyskanie dyplomu licencjata biotechnologii, praca dyplomowa pt. „Apoptoza – programowana śmierć komórki” wykonana w Zakładzie Biochemii UMCS w Lublinie pod kierunkiem dr hab. Magdaleny Staszczak
- 2000** Studium Pedagogiczne przy Wydziale Biologii i Nauk o Ziemi UMCS, uzyskanie uprawnień do nauczania w szkole w zawodzie nauczyciela biologii i nauk przyrodniczych
- 2002** praktyka zawodowa w Instytucie Biologii Doświadczalnej Polskiej Akademii Nauk w Warszawie, w Zakładzie Chorób Neurologicznych, udział w badaniach nad  $\beta$ -amyloidem w chorobie Alzheimera
- 15.06.2003** uzyskanie dyplomu magistra biotechnologii na Uniwersytecie Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, na Wydziale Biologii i Nauk o Ziemi, praca dyplomowa wykonana pt. „Porównanie aktywności proteolitycznych u *Phlebia radiata*” wykonana w Zakładzie Biochemii pod kierunkiem prof. dr hab. Andrzeja Leonowicza
- 2003** staż w Zakładzie Produkcji Preparatów Enzymatycznych PEKTOWIN w Jaśle (6 miesięcy)
- 2004-2008** Studia Doktoranckie w zakresie nauk rolniczych – kształtowanie środowiska w Instytucie Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowym Instytucie Badawczym w Puławach; 15.07.2004 – 28.05.2008, praca doktorska wykonywana w Zakładzie Mikrobiologii Rolniczej, promotor doc. dr hab. Maria Król

- 28.05.2008** uzyskany stopień doktora nauk rolniczych w zakresie kształtowania środowiska, specjalność: mikrobiologia gleby, nadany uchwałą Rady Naukowej IUNG-PIB w Puławach z dnia 28.05.2008 r. Praca doktorska pt. "Ocena przydatności bakterii *Azospirillum* spp. i *Pseudomonas stutzeri* do bioremediacji gleb skażonych węglowodorami aromatycznymi", IUNG - PIB, Puławy  
promotor: doc. dr hab. Maria Król, IUNG-PIB, Puławy  
recenzenci: prof. dr hab. Ewa Kurek, UMCS, Lublin  
prof. dr hab. Wiesław Barabasz, AR, Kraków
- 2010-2011** Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji w Lublinie, Pilotażowe studia podyplomowe dla pracowników jednostek naukowych „Zarządzanie projektami badawczymi i pracami rozwojowymi”, ukończone z wynikiem bardzo dobrym.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.

- 15.07.2004 – 28.05.2008** doktorantka w Zakładzie Mikrobiologii Rolniczej IUNG-PIB w Puławach
- 01.06.2008 – 31.03.2016** starszy specjalista badawczo-techniczny w Zakładzie Mikrobiologii Rolniczej IUNG-PIB w Puławach
- 01.04.2016 – do chwili obecnej** adiunkt w Zakładzie Mikrobiologii Rolniczej IUNG-PIB w Puławach
- 01.04.2013 - do chwili obecnej** kierownik Zakładu Mikrobiologii Rolniczej IUNG-PIB w Puławach

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 z późn. zm.):

**4 a). tytuł osiągnięcia naukowego:**

**„Ocena oddziaływania różnych systemów produkcji roślinnej i technik uprawy roli na mikrobiologiczną jakość środowiska glebowego, ze szczególnym uwzględnieniem zawartości glomalin”.**

**4 b). Wykaz autorskich publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe**

Jako podstawę osiągnięcia naukowego wybrano cykl siedmiu jednotematycznych, oryginalnych publikacji naukowych, których sumaryczny Impact Factor według roku

publikacji wynosi **8,780**, a liczba punktów wg wykazu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (MNiSW) wynosi **144** (zgodnie z rokiem publikacji).

**I.B.1. Gałązka A. (80%),** Grządziel J. 2018. Fungal genetics and functional diversity of microbial communities in the soil under long-term monoculture of maize using different cultivation techniques. *Frontiers in Microbiology, Research Topic: Soil Fungal Biodiversity for Plant and Soil Health, Front. Microbiol.* 9:76; doi: 10.3389/fmicb.2018.00076

IF = 4.076                      35 pkt. MNiSW (wg zał. z dnia 09.12.2016)

**I.B.2. Gałązka A. (65%),** Gawryjolek K., Gajda A., Furtak K., Książniak A., Jończyk K. 2018. Assessment of the glomalins content in the soil under winter wheat in different crop production systems. *Plant Soil and Environment*, 64(1), 32-37; doi: 10.17221/726/2017-PSE

IF = 1,225                      25 pkt. MNiSW (wg zał. z dnia 09.12.2016)

**I.B.3. Gałązka A. (65%),** Gawryjolek K., Grządziel J., Frąc M., Książak J. 2017. Microbial community diversity and their interaction of soil under maize growth in different cultivation techniques. *Plant Soil and Environment*, Vol. 63, No. 6: 264–27; doi: 10.17221/171/2017-PSE

IF = 1,225                      25 pkt. MNiSW (wg zał. z dnia 09.12.2016)

**I.B.4. Gałązka A. (75%),** Gawryjolek K., Grządziel J., Książak J. 2017. Effect of different agricultural management practices on soil biological parameters including glomalin fraction. *Plant Soil and Environment*, Vol. 63, No. 7: 300–306; doi: 10.17221/207/2017-PSE

IF = 1,225                      25 pkt. MNiSW (wg zał. z dnia 09.12.2016)

**I.B.5. Gałązka A. (70%),** Gawryjolek K., Perzyński A., Gałązka R., Książak J. 2017. Changes of enzymatic activities and microbial communities in soil under long-term maize monoculture and crop rotation. *Polish Journal of Environmental* Vol. 26, No. 1, 39-46, DOI: 10.15244/pjoes/64745

IF = 0,793                      15 pkt. MNiSW (wg zał. z dnia 09.12.2016)

**I.B.6. Gałązka A. (90%),** Gawryjolek K. 2015. Glomalina – glikoproteina produkowana przez grzyby mykoryzy arbuskularnej. *Postępy Mikrobiologii* 54(3): 331-343.

IF = 0,236                      15 pkt. MNiSW (wg zał. z dnia 23.12.2015)

**I.B.7. Gałązka A. (100%) 2013. Charakterystyka glomalin i oddziaływania różnych systemów uprawy na ich zawartość w glebie.** Polish Journal of Agronomy 15, 75 – 82.

IF = 0

4 pkt. MNiSW (wg zał. z dnia 17.12.2013)

Niezależnie od powyższego zestawienia, wykaz i kopie monotematycznego cyklu publikacji stanowiącego osiągnięcie naukowe zamieszczono w **Załączniku 4**. Natomiast oświadczenia współautorów określające wkład każdego z nich w powstanie tych publikacji z uwzględnieniem także mojego wkładu w powstanie tych prac zamieszczono w **Załączniku 5**.

Wymienione powyżej prace wchodzące w skład osiągnięcia habilitacyjnego omówiono poniżej (pkt. 4c) zgodnie z nadaną im numeracją [**I.B.1. – I.B.7.**]. Cytowana w tekście literatura uzupełniająca zamieszczona została na końcu opisu osiągnięcia naukowego.

#### **4 c). Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania**

##### **Wprowadzenie**

Jednym z podstawowych składników gleby jest substancja organiczna [12]. Martwa substancja organiczna i produkty jej biochemicznych przemian decydują o korzystnym układzie całego kompleksu właściwości gleby, od których zależy jej żyzność i produktywność [9]. Substancja organiczna odgrywa główną rolę w tworzeniu gruzełkowatej struktury gleby, ma bardzo duży wpływ na infiltrację wody, rozwój korzeni i odporność gleby na erozję. Materia ta jest także magazynem składników pokarmowych i warunkuje pojemność absorpcyjną dla kationów. Zarówno rodzaj użytkowania gruntów, jak i gatunek uprawianej rośliny ma wpływ na ilość i jakość materii organicznej gleby, a tym samym na jej agregację. Głównym założeniem rolnictwa zrównoważonego jest ochrona środowiska naturalnego oraz zapewnienie bioróżnorodności w agrocenozach. Aktualnie głównym celem uprawy jest nadanie roli możliwie najkorzystniejszych właściwości (fizycznych, biologicznych, chemicznych) produkcyjnych oraz zwiększenie biologicznej aktywności gleby [8, 11]. Zwiększona liczebność drobnoustrojów glebowych oraz wyższa aktywność enzymatyczna są czułymi wskaźnikami decydującymi o prawidłowym układzie całego kompleksu właściwości glebowych, stanowiących o jej żyzności i urodzajności. Prawidłową strukturę gleby oraz jej żyzność warunkuje m. in. wzmożona aktywność biologiczna. Wszelkie zmiany właściwości gleby mogą przyczynić się do zmian liczebności i aktywności organizmów glebowych zarówno w ich składzie gatunkowym, jak i funkcjonalnym.

Od wielu lat oddziaływanie pomiędzy glebą a korzeniami roślin, jak również wpływ roślin na skład i cechy gleby są przedmiotem licznych badań [1, 2, 7]. Grzyby mykoryzowe (AMF *arbuscular mycorrhizal fungi*) są jednym z najważniejszych czynników biotycznych warunkujących jakość środowiska glebowego [3]. Odgrywają one bardzo ważną rolę w agregosystemach, a poprzez produkcję glomalin mogą stanowić istotny czynnik pozytywnego oddziaływania na wzrost i zdrowotność roślin w zależności m.in. od typu gleby oraz systemu jej uprawy.

Badania mykoryz zaowocowały stosunkowo niedawno odkryciem glomalin – glikoprotein produkowanych przez grzyby mykoryzy arbuskularnej [17, 18]. Pomimo szerokiej wiedzy na temat korzystnego oddziaływania grzybów mykoryzowych na wzrost i rozwój roślin nadal stosunkowo niewiele wiadomo o dodatkowej roli środowiskowej tych grzybów, związanej z wytwarzaniem glomalin i ich obecności w glebie. W naszym kraju nie prowadzono dotychczas szczegółowych badań nad tą substancją pomimo dość szeroko zakrojonych badań nad grzybami AMF. Cykl prac stanowiących osiągnięcie naukowe **jest pierwszym w kraju zbiorem badań** dotyczących oceny oddziaływania różnych systemów produkcji roślinnej oraz technik uprawy roli na mikrobiologiczną jakość środowiska glebowego, ze szczególnym uwzględnieniem zawartości glomalin. Przegląd dotychczasowej wiedzy na temat glomaliny, jej budowy, funkcji oraz występowania w glebach przedstawiono w publikacji przeglądowej stanowiącej część jednotematycznego cyklu **[I.B.6]. Opracowanie to było pierwszą publikacją przeglądową w języku polskim opublikowaną na temat glomalin.**

Endomykoryza dominuje wśród roślin zielnych (co najmniej u 70–80% roślin), a stopień zasiedlenia korzeni rośliny przez grzyby mykoryzowe i ich aktywność podlegają zmianom podczas sezonu wegetacyjnego [7]. Grzyby endomykoryzowe charakteryzują się tym, że zasiedlają zarówno przestrzenie międzykomórkowe, jak i wewnątrz komórek warstwy korowej korzeni. Kolonizacja wnętrza korzeni przez strzępki grzybów endomykoryzowych powoduje zmiany zarówno morfologiczne, jak i fizjologiczne u obu symbiontów, w tym zmianę składu i ilości wydzielin korzeniowych oraz produkcję glomalin [10, 13, 14, 15]. Grzyby AMF zostały zaklasyfikowane do gromady *Glomeromycota*. Gromada ta obejmuje jedną klasę *Glomeromycetes*, cztery rzędy (*Archaeosporales*, *Diversisporales*, *Glomerales*, *Paraglomerales*), 10 rodzin (*Acaulosporaceae*, *Ambisporaceae*, *Archaeosporaceae*, *Diversisporaceae*, *Entrophosporaceae*, *Geosiphonaceae*, *Gigasporaceae*, *Glomeraceae*, *Pacisporaceae*, *Paraglomeraceae*) i 15 rodzajów (*Acaulospora*, *Ambispora*, *Archaeospora*, *Diversispora*, *Entrophospora*, *Gigaspora*, *Glomus*, *Intraspora*, *Geosiphon*, *Otopospora*, *Pacispora*, *Paraglomus*, *Racocetra*, *Scutellospora*, *Umbospora*), które wyodrębniono na podstawie budowy zarodników, morfologii grzyba oraz analiz genetycznych, głównie filogenetycznej analizy sekwencji genu SSU rRNA [7]. Za produkcję glomalin odpowiedzialne są głównie grzyby z rodzaju *Glomus*. U pozostałych przedstawicieli gromady *Glomeromycota* nie stwierdzono zdolności do wytwarzania glomalin za wyjątkiem niewielkich ilości glomalin produkowanych przez rodzaje *Gigaspora* i *Acaulospora* [1]. Do najczęściej spotykanych gatunków grzybów z rodzaju *Glomus* produkujących glomaliny zaliczamy: *Glomus mosseae* i *Glomus fasciculatum*.

Glomaliny to bardzo charakterystyczne pod względem budowy i właściwościach fizykochemicznych białka grzybowe [3]. Są to stabilne cząsteczki, nierozpuszczalne w wodzie i odporne na degradację stabilizujące agregaty glebowe i chroniące je przed rozbiciem [4]. To właśnie hydrofobowe domeny molekuly są odpowiedzialne za trudności w ich ekstrakcji i małą rozpuszczalność. Wiadomo, iż pod względem biochemicznym glomalina składa się z podjednostki białkowej i cukrowej, a główne pierwiastki wchodzące w skład jej budowy to: azot, węgiel, wodór, tlen, fosfor i żelazo [15]. Zawartość pierwiastków w składzie budowy glomaliny zależy przede wszystkim od gatunku grzyba produkującego białko oraz warunków środowiskowych. Wykazano odmienną budowę strukturalną glomalin niż kwasu huminowego czy fulwowego oraz inny rozkład podjednostek białkowych i cukrowych w porównaniu do



znanych już molekuł stanowiących glebową frakcję organiczną. Z jednej strony takie właściwości powodują, że glomaliny są bardzo stabilnymi związkami będącymi idealnym płaszczem do ochrony agregatów glebowych przed degradacją, z drugiej zaś strony stwarzają duże trudności w poznaniu i ustaleniu dokładnej budowy tych cząsteczek.

Glomaliny występują powszechnie w różnych typach użytkowych gleb. Znalaziono je zarówno w glebach uprawianych rolniczo, glebach leśnych, łąkowych oraz nieużytkach rolnych. Największe stężenie glomaliny odnotowano w tropikalnych glebach leśnych (ponad  $100 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$  gleby) [17], natomiast najniższe stężenie glomaliny (poniżej  $1 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$  gleby) stwierdzono w glebach pustynnych [16]. Skład szaty roślinnej oraz właściwości fizykochemiczne i biologiczne gleb, w tym zawartość węgla organicznego ma duże znaczenie w produkcji glomaliny przez grzyby AMF.

Glomaliny odgrywają znaczącą rolę głównie w tworzeniu gruzelkowatej struktury gleby, ułatwiając zlepianie cząstek mineralnych [14]. Białko to obkleja powierzchnię cząsteczek gleby, tworząc charakterystyczną, ochronną powłokę. Stąd też poprzez produkcję glomaliny grzyby te budują rosnące zainteresowanie jako potencjalny czynnik wspomagania wzrostu i zdrowotności roślin oraz poprawy struktury gleby.

Rola grzybów AMF w agregacji, a tym samym zwiększeniu infiltracji wody, ochronie materii organicznej przed rozkładem, wzroście odporności gleb na erozję, wydaje się tak samo ważna, a może nawet ważniejsza niż ich rola w ułatwianiu pobierania składników pokarmowych przez rośliny. Dlatego kontrola wzrostu grzybów mykoryzowych i produkcja glomaliny mogą być przydatne również do monitorowania pustynnienia i degradacji gleby [3, 16]. Niesprzyjające rozwojowi grzybów endomykoryzowych warunki tj. skażenie gleby, zmiany klimatyczne, czy techniki uprawy roli mogą być powodem zwiększenia przez nie, w celu ochrony grzybni produkcji glomaliny [16].

Na produkcję glomaliny ma wpływ wiele czynników zarówno środowiskowych, glebowych, jak i klimatycznych. Podstawowym czynnikiem wpływającym na znaczną produkcję glomaliny są optymalne warunki do rozwoju grzybów AMF, wynikiem czego jest aktywna symbioza pomiędzy rośliną a grzybem [1]. Stopień zasiedlenia korzeni roślin przez grzyby AMF może być regulowany dodatkowo przez podatność rośliny na infekcję, jak i poprzez aktywność infekcyjną spor tych grzybów występujących w glebie, w której wzrasta dana roślina. Liczebność i aktywność symbiotyczna grzybów AMF a tym samym wzrost produkcji glomaliny może być zwiększona zarówno poprzez modyfikację warunków glebowych sprzyjających namnażaniu i aktywności spor, jak i przez wprowadzanie do ryzosfery wyselekcjonowanych drobnoustrojów wspomagających proces mykoryzacji. Głównymi wyznacznikami produkcji glomaliny są zarówno gatunek grzyba tworzącego symbiozę, jak i rodzaj rośliny [14]. W warunkach polowych, wpływ rośliny na produkcję glomaliny może być bardziej widoczny niż efekt obserwowany w kontrolowanym doświadczeniu na przykładzie pojedynczego rodzaju rośliny i gatunku grzyba. Do czynników niekorzystnie wpływających na prawidłowe funkcjonowanie mykoryzy arbuskularnej należą m.in: uprawa mechaniczna gleby, stosowanie środków ochrony roślin, intensywne nawożenie oraz wprowadzenie zanieczyszczeń z nawozami naturalnymi [5, 8, 11]. Również właściwości fizykochemiczne gleb oraz stosowany system uprawy roli może mieć istotny wpływ na zawartość glomaliny w glebie [6].

Zamieszczony powyżej krótki przegląd literatury wskazuje wyraźnie, że glomaliny odgrywają ważną rolę nie tylko w funkcjonowaniu układu symbiotycznego pomiędzy korzeniami roślin a grzybami AMF, ale także są one bardzo ważną frakcją glebowej materii organicznej, kształtującą właściwości strukturalne gleb.

### **Hipoteza badawcza i cel badań**

W hipotezie badawczej założono, iż mikrobiologiczna jakość środowiska glebowego, a tym samym zawartość glomalin może ulegać istotnym zmianom pod wpływem oddziaływania różnych systemów produkcji roślinnej oraz technik uprawy roli.

Hipotezę badawczą zweryfikowano w badaniach polowych z udziałem pszenicy ozimej z uwzględnieniem systemów produkcji roślinnej oraz kukurydzy uprawianej w długoletniej monokulturze z zastosowaniem różnych technik przygotowania gleby do siewu.

**Celem badań była** ocena oddziaływania różnych systemów produkcji roślinnej oraz technik uprawy roli na mikrobiologiczną jakość środowiska glebowego, ze szczególnym uwzględnieniem zawartości glomalin, tj. glikoprotein produkowanych przez grzyby mykoryzowe.

#### **Cel główny realizowano w oparciu o następujące cele pomocnicze:**

1. ocenę jakości środowiska glebowego oraz zawartości glomalin w glebie spod pszenicy ozimej z uwzględnieniem systemów produkcji roślinnej [I.B.2; I.B.7],
2. ocenę jakości środowiska glebowego oraz zawartości glomalin w glebie spod kukurydzy uprawianej w długoletniej monokulturze z zastosowaniem różnych technik przygotowania gleby do siewu [I.B.1; I.B.3; I.B.4; I.B.5].

#### **1. Ocena wpływu systemów produkcji roślinnej na jakość środowiska glebowego oraz zawartości glomalin w glebie pod pszenicą ozimą [I.B.2; I.B.7]**

Ważnym zagadnieniem, słabo dotychczas rozpoznany, jest oddziaływanie różnych systemów uprawy roślin na nasilenie symbiozy roślin uprawnych z grzybami AMF, a zwłaszcza na zawartość i gromadzenie się w glebach produkowanych przez te grzyby glomalin. Zagadnienie to opisano w dwóch publikacjach [I.B.2; I.B.7]. Badaniami objęto systemy: ekologiczny, integrowany, konwencjonalny oraz monokulturę pszenicy ozimej.

Prezentowane w publikacji I.B.2 badania wykazały, iż najwyższą zawartością glomalin ogólnych (TG), łatwoekstrahowalnych (EEG) oraz białek glebowych spokrewnionych z glomalinami (GRSP) charakteryzowała się gleba pobrana spod pszenicy ozimej uprawianej w systemie ekologicznym. Z kolei najniższe zawartości glomalin **stwierdzono** w glebie pobranej z systemu integrowanego. Nie stwierdzono natomiast statystycznie istotnej różnicy w zawartości glomalin pomiędzy glebami systemu integrowanego i konwencjonalnego.

Najwyższy odsetek kolonizacji korzeni przez grzyby AMF stwierdzono w ryzosferze pszenicy uprawianej w systemie integrowanym (48,0%) a najniższy w monokulturze (36,5%). Z drugiej jednak strony największą liczebność spor grzybów mykoryzowych o średnicy 50 µm



stwierdzono w glebie pobranej spod uprawy pszenicy ozimej w systemie ekologicznym a najmniejszą w glebie spod uprawy w monokulturze. Ponadto wykazano, że zawartość glomalin ogólnych TG korelowała silnie z aktywnością dehydrogenaz, zawartością węgla w biomacie mikroorganizmów oraz z materią organiczną gleby. **Wykazano** także silną korelację dodatnią pomiędzy stężeniem białek TG a GRSP, natomiast zależność ta nie była już tak istotna pomiędzy zawartością białek TG a EEG. W przypadku oceny zawartości glomalin w glebie ważne jest również poznanie ich ilości w różnych poziomach profilu glebowego. W przeprowadzonych badaniach oznaczono zawartość tych glikoprotein w próbkach gleby pobranej z różnych głębokości, tj.: 0-5, 5-10, 10-15, 15-20 i 20-35 cm. Najwyższą zawartość glomalin stwierdzono w warstwie 0-20 cm, natomiast najniższą w warstwie 20-35 cm. W omawianej publikacji **wykazano**, że system ekologicznej uprawy okazał się najkorzystniejszym systemem produkcji roślinnej wśród badanych dla rozwoju grzybów AM i produkcji przez nie glomalin.

Również badania przedstawione w publikacji **I.B.7** dowodzą, że ilość wytwarzanych przez grzyby AMF glomalin zależy istotnie m.in. od systemu uprawy roślin. System ekologiczny znacznie podwyższał produkcję glomalin i ich koncentrację w glebie w przeciwieństwie do integrowanego systemu uprawy i monokultury. Najwyższą aktywność biologiczną stwierdzono w glebie w systemie ekologicznym oraz w monokulturze pod pszenicą ozimą odmiany Roma. Nie stwierdzono korelacji pomiędzy zawartością węgla i azotu ogólnego w próbkach gleb a stężeniem glomalin ogólnych i łatwoekstrahowalnych. Najwyższe stężenie glomalin ogólnych wykazano w glebie pochodzącej z ekologicznego systemu uprawy pszenicy odmiany Roma, ponad  $35,2 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$  s.m. gleby. Znacznie mniejsze stężenia odnotowano w uprawie tej samej odmiany w monokulturze, bo jedynie około  $17,45 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$  s.m. gleby. W uprawie pszenicy odmiany Sukces w systemie integrowanym stwierdzono mniejsze stężenia glomalin, bo około  $14,51 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$  s.m. gleby w porównaniu do odmiany Roma –  $16,02 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$  s.m. gleby uprawianej w tym samym systemie. System ekologiczny jako jedyny wśród badanych charakteryzował się odczynem gleby o pH około 6,6 i tylko w tych warunkach wykazano obecność wolno żyjącej w glebie bakterii z rodzaju *Azotobacter*.

We współczesnym rolnictwie nowoczesna uprawa roli musi spełniać wiele warunków pozwalających na ochronę gleby przed degradacją i zwiększanie jej jakości. Przede wszystkim bardzo ważne jest ograniczenie strat glebowej materii organicznej oraz poprawę struktury gleby i zmniejszenie skłonności jej do zaskorupiania się. Bardzo ważnym czynnikiem biologicznym w aspekcie omawianych problemów jest zawartość glomalin w glebie.

W pracach I.B.2 oraz I.B.7 wykazano, że ilość wytwarzanych przez grzyby AMF glomalin zależała m.in. od systemu uprawy roślin oraz nie korelowała z zawartością węgla ogólnego i azotu całkowitego w glebie. Wyższą liczebność mikroorganizmów glebowych, świadcząca o dobrej jakości gleby i udostępnieniu roślinom składników pokarmowych, stwierdzono w systemie ekologicznej uprawy.

## 2. Ocena jakości środowiska glebowego oraz zawartości glomalin w glebie spod kukurydzy uprawianej w monokulturze z zastosowaniem różnych technik przygotowania gleby do siewu [I.B.1; I.B.3; I.B.4; I.B.5]

Badania dotyczące jakości środowiska glebowego oraz zawartości glomalin w glebie spod uprawy kukurydzy w monokulturze z zastosowaniem różnych technik przygotowania gleby do siewu prowadzono w latach 2004-2017 na glebie płowej, zaliczonej do kompleksu żytniego bardzo dobrego. Próbkę gleby do badań pobierano z następujących obiektów:

- monokultura kukurydzy – siew bezpośredni,
- monokultura kukurydzy – z pełną uprawą płużną,
- monokultura kukurydzy – uprawa uproszczona (gruber).

Dla porównania analizowano również próbki gleby pobrane spod kukurydzy uprawianej w zamianowaniu (jęczmień jary, pszenica ozima, kukurydza) - z pełną uprawą płużną.

Próbki gleby pobierano w trzech fazach wzrostu roślin: 6 liści, 12 liści, kwitnienia oraz przed siewem i po zbiorze kukurydzy. W obiekcie z pełną uprawą płużną, po zbiorze kolb słoma kukurydziana po rozdrobnieniu była jesienią przeorywana. W obiekcie bez uprawy mechanicznej rozdrobniona słoma pozostawała na powierzchni gleby.

Mikrobiologiczną jakość środowiska glebowego określono na podstawie:

- oznaczeń aktywności biologicznej gleby poprzez określenie ogólnych liczebności poszczególnych bakterii i grzybów, zawartości węgla i azotu w biomacie mikroorganizmów glebowych oraz aktywności enzymatycznej gleby (aktywność dehydrogenaz, fosfatazy kwaśnej i zasadowej). Wyniki badań z tego zakresu przedstawiono w dwóch publikacjach [I.B.3; I.B.5],
- oznaczeń zawartości glomalin ogólnych (TG), łatwoekstahowalnych (EEG), białek glebowych spokrewnionych z glomalinami (GRSP) a także ocenę ich korelacji z poszczególnymi parametrami aktywności biologicznej gleby. Badania przeprowadzono w latach 2013-2017 a ich wyniki przedstawiono w 2 publikacjach [I.B.3; I.B.4],
- oznaczeń bioróżnorodności środowiska glebowego z uwzględnieniem grzybów mykoryzowych produkujących glomaliny na podstawie oceny sekwencjonowania nowej generacji (NGS) oraz oceny profilu metabolicznego gleby (Biolog EcoPlates). Wyniki tych badań przedstawiono w dwóch publikacjach [I.B.1; I.B.3].

Prezentowane w artykule I.B.5 wyniki badań dotyczące oznaczeń aktywności biologicznej gleby wykazały, iż najwyższą ogólną liczebność bakterii i promieniowców stwierdzono w fazie kwitnienia kukurydzy oraz po zbiorach roślin. Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w ogólnych liczebnościach bakterii w latach, z wyjątkiem roku 2009, z powodu odmiennych warunków pogodowych. Największą ogólną liczebność grzybów obserwowano corocznie po zbiorach roślin. Biorąc pod uwagę zabiegi agrotechniczne najwyższą ogólną liczebność bakterii i grzybów obserwowano w glebie spod kukurydzy uprawianej w monokulturze z zastosowaniem siewu bezpośredniego. Ponadto **wykazano** najwyższą ogólną liczebność bakterii oligotroficznych i koptotroficznych zarówno w glebie spod uprawy kukurydzy z zastosowaniem pełnej uprawy płużnej w fazie kwitnienia, a także w glebie po zbiorze roślin uprawianych w systemie siewu bezpośredniego. **W pracy wykazano również**, iż aktywność dehydrogenaz była statystycznie istotnie wyższa w glebie spod uprawy kukurydzy z zastosowaniem siewu bezpośredniego. Szczególnie wysoką aktywność dehydrogenaz stwierdzono w fazie kwitnienia oraz po zbiorach kukurydzy. Sezonowe wahania

zarówno liczebności drobnoustrojów glebowych, jak i w zakresie aktywności enzymatycznych związane są z szeregiem biotycznych i abiotycznych oddziaływań na środowisko. Z kolei w przypadku aktywności fosfataz wykazano istotną statystycznie korelację fosfatazy zasadowej z zawartością węgla i azotu w biomase mikroorganizmów. Ponadto aktywność fosfatazy zasadowej była dodatnio skorelowana z ogólną liczebnością bakterii, zawartością węgla organicznego, azotu całkowitego i odczynem. Najwyższą aktywność fosfatazy kwaśnej stwierdzono natomiast w glebie spod kukurydzy uprawianej w siewie bezpośrednim.

Najważniejszym wynikiem przedstawionym w pracy I.B.5 jest stwierdzenie, iż ocena zmian poszczególnych grup drobnoustrojów glebowych w warunkach wzrostu kukurydzy w monokulturze przy zastosowaniu różnych technik uprawy roli może stanowić **wymierny wskaźnik oceny jakości gleby**. Rozwój i aktywność mikroorganizmów glebowych są ściśle związane z rozwojem rośliny i zależą również od obecności w glebie związków allelopatycznych wydzielanych przez korzenie roślin [4]. Kukurydza jest rośliną, która poprzez system korzeniowy wydziela liczne substancje wzrostowe, które istotnie wpływają na wzrost i rozwój mikroorganizmów. Ponadto po uprawie kukurydzy, szczególnie w siewie bezpośrednim pozostaje na polu dużo resztek poźniwnych, które korzystnie wpływają na właściwości biologiczne gleby. Ich efekt zależy, między innymi od sposobu umieszczania ich w glebie oraz dynamiki ich rozkładu [5, 27]. Zastosowanie siewu bezpośredniego sprzyja nagromadzeniu resztek poźniwnych na powierzchni gleby, a pełna uprawa płuzna powoduje przemieszczanie się resztek poźniwnych w głąb profilu glebowego. Ponadto stosowanie siewu bezpośredniego ma wiele korzyści ekonomicznych a w kontekście uprawy kukurydzy, **czego dowodzą otrzymane wyniki**, może także zwiększać aktywność biologiczną gleby.

**Kontynuując powyższe badania** w ocenie jakości mikrobiologicznej gleby uwzględniono także zawartość glomalin. W publikacji **I.B.4** **wykazano** najniższe zawartości glomalin ogólnych w glebie spod kukurydzy uprawianej z zastosowaniem pełnej uprawy płuznej a najwyższe z zastosowaniem siewu bezpośredniego. Również w przypadku zawartości glomalin łatwoekstrahowalnych (EEG) oraz białek glebowych spokrewnionych z glomalinami (GRSP) najwyższe ich zawartości stwierdzono w glebie pobranej spod kukurydzy w fazie kwitnienia. Na podstawie analizy średnich zawartości glomalin w latach 2015-2017, najwyższą zawartość glomalin ogólnych stwierdzono w glebie w fazie kwitnienia kukurydzy (2.91 mg/g s.m. gleby), natomiast najniższą w glebie przed siewem (2,07 mg/g s.m. gleby). **Stwierdzono** najwyższą liczebność grzybów AMF w glebie pobranej spod kukurydzy uprawianej z zastosowaniem siewu bezpośredniego. Liczebność spor grzybów AMF o średnicy 50-74  $\mu\text{m}$  była silnie skorelowana zarówno z zawartością glomalin ogólnych (TG), jak i glomalin łatwoekstrahowalnych (EEG). Stężenie glomalin w glebie silnie korelowało z takimi parametrami właściwości gleb jak:  $C_{\text{org}}$ ,  $N_{\text{org}}$ , zawartość  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$  oraz stężeniem magnezu przyswajalnego. Silne korelacje wykazano pomiędzy ogólną zawartością glomalin a aktywnością enzymatyczną: dehydrogenaz ( $r=0,859$ ), fosfatazy alkalicznej ( $r=0,712$ ). Ponadto w przypadku ogólnych zawartości glomalin łatwoekstrahowalnych stwierdzono silne korelacje pomiędzy EEG a ogólną liczebnością grzybów ( $r=0,998$ ).

**Otrzymane wyniki badań potwierdzają przyjętą hipotezę, że zawartość glomalin ogólnych i łatwoekstrahowalnych może być miarodajnym wskaźnikiem oceny jakości gleb użytkowanych rolniczo i istotnie zależy od stosowanego systemu produkcji roślinnej.** Grzyby mykoryzowe aktywnie rozwijają się w glebie o nienaruszonej strukturze, bez zastosowania orki

(siew bezpośredni). W przeprowadzonych badaniach najniższe zawartości glomalin ogólnych stwierdzono w glebie spod uprawy kukurydzy z zastosowaniem pełnej uprawy płużnej. W uprawie tej następuje rozbitcie agregatów glebowych oraz inwazyjne rozerwanie filamentów grzybowych, stąd też zawartość glikoprotein produkowanych przez grzyby AMF była niska.

W publikacji **wykazano** także na podstawie analizy głównych składowych PCA, że najwyższymi parametrami aktywności biologicznej gleby charakteryzowała się gleba pobrana w fazie kwitnienia kukurydzy. Ponadto, analizując jako zmienne podstawowe parametry bioróżnorodności gleb obliczone na podstawie wyników uzyskanych z oceny profilu metabolicznego po 120 h inkubacji płytek Biolog EcoPlates **stwierdzono**, iż gleba pobrana przed siewem charakteryzowała się statystycznie niższą aktywnością biologiczną (z wyjątkiem gleby pobranej przed siewem z zastosowaniem pełnej uprawy płużnej) w porównaniu do gleby pobranej w fazie kwitnienia kukurydzy [**I.B.3**]. Efekt był obserwowany dla wszystkich ocenianych grup substratów: kwasy karboksylowe, węglowodany, polimery, aminokwasów oraz amin i amidów. Największą różnorodność na podstawie indeksu Shannona-Weavera stwierdzono w glebie pobranej przed siewem ( $H' = 3,31$ ) oraz w fazie kwitnienia ( $H' = 3,34$ ) z zastosowaniem pełnej uprawy płużnej. Najniższą wartość indeksu Shannona-Weavera **stwierdzono** w glebie pobranej przed siewem kukurydzy z zastosowaniem siewu bezpośredniego. Gleba ta charakteryzowała się także najniższą wartością wskaźnika AWCD ( $AWCD = 3,14$ ) w porównaniu do innych badanych kombinacji.

**Kontynuując powyższe badania** wykonano oznaczenia bioróżnorodności środowiska glebowego z uwzględnieniem grzybów mykoryzowych produkujących glomaliny na podstawie sekwencjonowania nowej generacji (NGS) oraz oceny profilu metabolicznego gleby (Biolog EcoPlates) [**I.B.1**; **I.B.3**]. Różnorodność grzybów w glebie może być istotnie ograniczona w naturalnych warunkach nawet przez niewielkie zmiany środowiskowe wywołane zarówno czynnikami biotycznymi, jak i abiotycznymi. Na zmiany te ma wpływ także zastosowana technika uprawy gleby.

W publikacji **I.B.1** przedstawiono ocenę różnorodności genetycznej grzybów oraz ocenę profilu metabolicznego w glebie w długoterminowej monokulturze kukurydzy przy użyciu różnych technik przygotowania gleby do siewu. Zastosowanie w badaniach zarówno techniki sekwencjonowania jak i oceny profilu metabolicznego gleby przyczyniło się do pełniejszego wyjaśnienia zmian zachodzących w bioróżnorodności grzybów w długoletniej monokulturze kukurydzy. **Stwierdzono**, iż zarówno zastosowana technika przygotowania gleby do siewu, jak i sezon miały decydujący wpływ na różnorodność genetyczną populacji grzybów w monokulturze kukurydzy. Istotne statystycznie różnice stwierdzono zarówno na poziomie rodziny ( $P = 0,032$ ), rodzaju ( $P = 0,026$ ) i gatunku grzybów ( $P = 0,033$ ).

**Przedstawione w pracy I.B.1 wyniki badań wykazały**, że kukurydza uprawiana w warunkach siewu bezpośredniego nie powodowała negatywnych zmian w aktywności biologicznej gleby oraz bioróżnorodności genetycznej populacji grzybów. Z kolei w przypadku pełnej uprawy płużnej i zmianowania roślin obserwowano istotne zmiany w populacji grzybów oraz aktywności biologicznej gleby. We wszystkich badanych kombinacjach gleb spośród zidentyfikowanych grzybów trzy gromady były dominujące: *Zygomycota*, *Basidiomycota* i *Ascomycota*. W badanych glebach dominowały także następujące klasy grzybów: *Dothideomycetes*, *Eurotiomycetes*, *Leotiomycetes*, *Pezizomycetes*, *Tremellomycetes* i *Mortierellomycotina*. Istotne różnice w strukturze genetycznej populacji grzybów

obserwowano w glebie pobranej w fazie kwitnienia kukurydzy na obiekcie z zastosowaniem pełnej uprawy płużnej, gdzie dominowały rodzaje: *Penicillium* (28,3%), *Geomyces* (18,4%), *Mortierella* (12,3%) i *Pseudogymnoascus* (11,8%). Gleba pobrana spod kukurydzy uprawianej z zastosowaniem siewu bezpośredniego charakteryzowała się najbardziej stabilną strukturą genetyczną grzybów, niezależnie od pory roku w porównaniu z glebą pobraną z innych kombinacji.

**Podsumowując tę część badań** należy stwierdzić, iż technika przygotowania gleby do siewu jest bardzo ważnym czynnikiem, który może oddziaływać na biologiczną aktywność gleby i różnorodność genetyczną grzybów. W opinii wielu autorów uprawa roślin w wieloletniej monokulturze, jak również w warunkach intensywnej uprawy roli ma negatywny wpływ na jakość gleby i może powodować zmiany w strukturze społeczności zarówno bakterii, jak i grzybów. Uprawie roślin w wieloletniej monokulturze może towarzyszyć jednostronne wyczerpanie składników pokarmowych, a także zmiany w funkcjonalnej i genetycznej strukturze mikroorganizmów glebowych. W badaniach własnych wykazano ten negatywny wpływ, ale tylko w przypadku kukurydzy w warunkach pełnej uprawy płużnej. Natomiast uprawa kukurydzy w długoletniej monokulturze z zastosowaniem siewu bezpośredniego nie powodowała negatywnych zmian w aktywności biologicznej gleby oraz w liczebności spor grzybów AM i zawartości glomalin. Jednak ze względów ekonomicznych może stanowić cenną alternatywę w produkcji tej rośliny w warunkach naszego kraju. Kukurydza jest jedną z roślin, której uprawa jest bardzo pracochłonna i energochłonna, a więc poszukiwanie tańszych i zarazem prostszych praktyk rolniczych budzi duże zainteresowanie. Stąd też uprawa kukurydzy w siewie bezpośrednim stanowi bardzo dobrą alternatywę produkcji tej rośliny w Polsce. Ponadto zarówno siew bezpośredni, jaki i uprawa uproszczona to techniki, które sprzyjają rozwojowi grzybów mykoryzowych. Duża ilość resztek poźniwnych pozostawionych na powierzchni gleby i lekka ingerencja w glebę może korzystnie wpływać na stabilność strzępek grzybów.

### Podsumowanie i wykorzystanie wyników

Grzyby AMF są biotrofami i w związku z tym zwiększenie ich populacji w glebach przez stosowanie szczepionek zawierających te grzyby jest w uprawach polowych bardzo trudne zarówno z przyczyn technicznych, jak i ekonomicznych. Na populacje tych grzybów, a więc i na zawartość glomalin w glebach rolniczych można wpłynąć przede wszystkim poprzez dobór gatunków uprawianych roślin i odpowiednie zabiegi agrotechniczne sprzyjające rozwojowi grzybów mykoryzowych. Najważniejsze wnioski z przeprowadzonych badań są następujące:

1. Ilość wytwarzanych przez grzyby AMF glomalin zależała zarówno od systemu uprawy roślin, jak i techniki przygotowania gleby do siewu oraz nie korelowała z zawartością węgla ogólnego i azotu całkowitego w glebie.
2. Wyższą liczebność mikroorganizmów glebowych, świadcząca o dobrej jakości gleby i udostępnianiu roślinom składników pokarmowych a także najwyższą zawartość glomalin stwierdzono w glebie spod uprawy roślin w systemie ekologicznym.
3. Uprawa kukurydzy w siewie bezpośrednim nie powodowała negatywnych zmian w



- aktywności biologicznej gleby oraz bioróżnorodności genetycznej populacji grzybów.
4. System bezorkowy (siew bezpośredni) oraz uproszczona uprawa roli sprzyjają rozwojowi w glebie ryzosferowej kukurydzy grzybów należących do rzędu *Glomerales*.
  5. Struktura genetyczna grzybów w glebie pod kukurydzą uprawianą w systemie bezorkowym (siew bezpośredni) jest znacznie bardziej stabilna niż w innych systemach uprawy roli, niezależnie od pory roku.

Wyniki badań zebrane w ramach jednotematycznego cyklu publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe przyczyniły się do poszerzenia wiedzy na temat czynników sprzyjających gromadzeniu się glomalin w glebach uprawnych. W aspekcie praktycznym, uzyskane wyniki mogą dać podstawę do wskazania zabiegów agrotechnicznych prowadzących do tego celu. Moim zdaniem podjęcie badań nad glomaliną w naszym kraju przyczyniło się do poznania fizjologicznej roli tej substancji oraz jej znaczenia dla jakości gleb i ich odporności na degradację.

W związku z powyższym niezwykle istotne staje się poszukiwanie i rozwijanie niskonakładowych rozwiązań oraz technik uprawy roli przyjaznych środowisku, które będą stanowiły skuteczne narzędzie do poprawy jakości środowiska glebowego, szczególnie w kontekście zwiększenia materii organicznej w glebie oraz rolnictwa zrównoważonego. Niewątpliwie takim rozwiązaniem może być zwiększona obecność w glebie grzybów mykoryzowych produkujących glomaliny. Ponadto badania dotyczące oddziaływania systemów produkcji roślinnej oraz technik uprawy roli na mikrobiologiczną jakość środowiska glebowego pozwoliły na dokładniejsze przeanalizowanie zmian nie tylko ilościowych, ale i jakościowych zachodzących w glebowej materii organicznej i społeczności mikroorganizmów glebowych.

#### Literatura uzupełniająca

1. Bedini S., Pellegrino E., Avio L., Pellegrini S., Bazzoffi P., Argese E., Giovannetti M. (2009): Changes in soil aggregation and glomalin-related soil protein content as affected by the arbuscular mycorrhizal fungal species *Glomus mosseae* and *Glomus intraradices*. *Soil Biol. Biochem.* 41, 1491–1496.
2. Buyer J.S., Zuberer D.A., Kristine A., Nichols K.A., Franzluebbers A.J. (2011): Soil microbial community function, structure, and glomalin in response to tall fescue endophyte infection. *Plant Soil*, 339, 401–412.
3. Driver J.D., Holben W.E., Rillig M.C. (2005): Characterization of glomalin as a hyphal wall component of arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Biol. Biochem.* 37, 101–106.
4. Frank V., Schindler F.V., Mercer E.J., Rice J.A. (2007): Chemical characteristics of glomalin-related soil protein (GRSP) extracted from soils of varying organic matter content. *Soil Biol. Biochem.* 39, 320–329.
5. Gajda A.M., Czyż E.A., Stanek-Tarkowska J., Dexter A.R., Furtak K.M., Grządziel J. (2017): Effects of long-term tillage practices on the quality of soil under winter wheat. *Plant, Soil and Environment*, 63: 236–242.



6. Jamiołkowska A., Księżniak A., Hetman B., Kopacki M., Skwaryło-Bednarz B., Gałązka A., Thanoon A.H. (2017): Interactions of arbuscular mycorrhizal fungi with plants and soil microflora. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 16: 89–95.
7. Koide R.T., Mosse B. (2004): A history of research on arbuscular mycorrhiza. *Mycorrhiza*, 14, 145–163.
8. Kuś J., Jończyk K. (2008): Wpływ ekologicznego i konwencjonalnego sposobu gospodarowania na wybrane parametry żyzności gleby. *J. Res. Appl. Agric.*, 53(3): 161-165.
9. Liu Q.M., Cao Y.L., Huang Y.F., Zhang Y.P., Lin J.Q., Lin J.M., Xu L.S. (2013): Soil organic matter dynamics after C3-C4 vegetation change of red soil in southern China: Evidence from natural <sup>13</sup>C abundance. *Contemp. Probl. Ecol.* 6 (5), 513–519.
10. Lovelock C.E., Wright S.F., Nichols K.A. (2004): Using glomalin as an indicator for arbuscular mycorrhizal hyphal growth: an example from a tropical rainforest soil. *Soil Biol. Biochem.* 36, 1009–1012.
11. Martyniuk S., Stachyra A., Gajda A. (2002): Microbiological and biochemical properties of soil under cereals grown in the ecological, conventional and integrated system. *Acta Agrophys.*, 52: 185-192.
12. Oades J.M. (1984): Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. *Plant and Soil*, 76, 319–337.
13. Rillig M.C., Wright S.F., Eviner V.T. (2002): The role of arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin in soil aggregation: comparing effects of five plant species. *Plant Soil*, 238, 325–333.
14. Singh P.K., Singh M., Tripathi B. N. (2013): Glomalin: an arbuscular mycorrhizal soil protein. *Protoplasma*, 250, 663 – 669.
15. Violi H.A., Treseder M.J.A., Wright S.F., Lovatt C.J. (2007): Density dependence and interspecific interactions between arbuscular mycorrhizal fungi mediated plant growth, glomalin production, and sporulation. *Can. J. Bot.* 85, 63–75.
16. Wilson G. W. T., Rice C. W., Rillig M. C., Springer A., Hartnett D. C. (2009): Soil aggregation and carbon sequestration are tightly correlated with the abundance of arbuscular mycorrhizal fungi: results from long-term field experiments. *Ecol. Lett.* 12, 452–461.
17. Wright S.F., Franke-Snyder M., Morton J.B., Upadhyaya A. (1996): Time course study and partial characterization of a protein on hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi during active colonization of roots. *Plant Soil*, 181, 193–203.
18. Wright S.F., Upadhyaya A. (1998): A survey of soils for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant Soil*, 198, 97–107.

## 5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych

Parametry bibliometryczne mojej działalności naukowej zostały zaprezentowane w wykazie osiągnięć – **Załącznik nr 3**. Poniżej przedstawiam opis mojego dotychczasowego rozwoju naukowego oraz ogólny zarys prowadzonej przeze mnie działalności naukowo-badawczej, jak również podsumowanie wskaźników dokonań naukowych.

### *Studia oraz początki pracy naukowej*

W latach 1998-2003 studiowałam biotechnologię na Wydziale Biologii i Nauk o Ziemi Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej (UMCS) w Lublinie. Jest to wydział z certyfikatem jakości kształcenia Konferencji Rektorów Uniwersytetów Polskich (dwustopniowe studia w systemie ECTS). W roku 2000 uzyskałam **dyplom licencjata biotechnologii UMCS** w

Lublinie na podstawie pracy dyplomowej pt. „Apoptoza – programowana śmierć komórki”, którą wykonałam w Zakładzie Biochemii pod kierunkiem dr hab. Magdaleny Staszczak. Dalsze kształcenie kontynuowałam na tym samym kierunku. Podczas studiów magisterskich w latach 2002-2003 byłam także aktywnie zaangażowana w działalność **Koła Naukowego Biotechnologów**. W trakcie studiów w 2002 roku odbyłam miesięczną **praktykę zawodową w Instytucie Biologii Doświadczalnej Polskiej Akademii Nauk** w Warszawie, w Zakładzie Chorób Neurologicznych, gdzie brałam czynny udział w badaniach nad  $\beta$ -amyloidem w chorobie Alzheimerera. Tytuł magistra biotechnologii uzyskałam w roku 2003 na podstawie egzaminu i pracy magisterskiej pt. „Porównanie aktywności proteolitycznych u *Phlebia radiata*”. Badania do pracy magisterskiej wykonałam w Zakładzie Biochemii pod kierunkiem promotora prof. dr hab. Andrzeja Leonowicza. W 2003 roku po zakończeniu studiów magisterskich odbyłam 6 miesięczny staż w Zakładzie Produkcji Preparatów Enzymatycznych PEKTOWIN w Jaśle. Odbyty staż pozwolił mi na praktyczne poznanie pracy w laboratorium mikrobiologii przemysłowej oraz połączenie zdobytej podczas studiów wiedzy naukowej z praktycznym doświadczeniem we współpracy z przemysłem.

Chcąc dalej rozwijać swoją wiedzę i zainteresowania naukowe od 15 lipca 2004 roku rozpoczęłam 4-letnie Studia Doktoranckie w Instytucie Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach, w Zakładzie Mikrobiologii Rolniczej. Badania naukowe prowadziłam pod opieką doc. dr hab. Marii Król. Podczas studiów doktoranckich zajmowałam się zagadnieniami z zakresu mikrobiologii i biotechnologii środowiskowej, ze szczególnym udziałem bakterii endofitycznych w bioremediacji gleb skażonych wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi (WWA). Jako doktorantka **brałam aktywny udział** w 6 krajowych konferencjach i seminariach naukowych [III.F.1 – III.F.6], na których wygłosiłam 7 referatów [III.B.1 – III.B.7] oraz zaprezentowałam 5 posterów [III.D.1 – III.D.5]. Ponadto wyniki mojej pracy naukowej zostały także opublikowane w 10 doniesieniach w materiałach konferencyjnych o zasięgu krajowym [II.J.1 – II.J.10]. Jako autorka i współautorka opracowałam również 3 rozdziały w monografiach naukowych [II.E.1 – II.E.3] oraz byłam autorką i współautorką 4 publikacjach naukowych (3 oryginalnych prac twórczych [II.B.1 – II.B.2; II.B.4] i 1 publikacji przeglądowej [II.B.3]). Od roku 2004 jestem członkiem Polskiego Towarzystwa Mikrobiologicznego oddział w Puławach [III.W.1]. W czasie studiów doktoranckich aktywnie włączałam się także w organizacje konferencji naukowych. W roku 2007 byłam **przewodniczącą komitetu organizacyjnego** [III.G.1] I Ogólnopolskiej Konferencji Doktorantów i Młodych Naukowców pt.: „Wkład młodych naukowców w rozwój nauk rolniczych”, pod patronatem Dyrektora IUNG-PIB prof. dr hab. Seweryna Kukuły. I Ogólnopolska Konferencja Doktorantów i Młodych Naukowców wzbudziła duże zainteresowanie i liczyła ponad 170 uczestników (doktorantów i młodych naukowców) z głównych ośrodków naukowych z całej Polski. Na powyższej konferencji byłam również **przewodniczącą sesji naukowej** [III.H.1] oraz brałam udział w opracowaniu i redakcji wydanych materiałów konferencyjnych [II.G.1]. Otrzymałam nagrodę za najlepszą prezentację w sesji referatowej [II.P.1]. Chcąc rozwijać swoje umiejętności analityczne niezbędne do wykonywania prac badawczych w przygotowywanej pracy doktorskiej uczestniczyłam w specjalistycznych kursach. W roku 2007 ukończyłam kurs chromatografii gazowej „Podstawy chromatografii gazowej” organizowany przez Zakład Metod Chromatograficznych Wydziału

Chemii UMCS w Lublin [III.U.1]. Aktywnie uczestniczyłam także w zajęciach terenowych oraz seminariach naukowych w ramach Studiów Doktoranckich IUNG-PIB (lata 2004-2008).

Jako doktorantka w Zakładzie Mikrobiologii Rolniczej sprawowałam **opiekę naukową** a zarazem pomoc w przygotowywaniu i prowadzeniu doświadczeń w ramach Ogólnopolskiej Olimpiady Biologicznej dla uczniów szkół średnich (uczniowie kl. III, LO im. Czarotoryskich w Puławach, sierpień - wrzesień 2007 r.) [III.M.1].

W roku 2006 aktywnie uczestniczyłam także w przygotowaniu i opracowaniu projektu badawczego na temat oceny przydatności szczepionek *Azospirillum* spp. i *Pseudomonas stutzeri* w zwiększaniu fitoremediacji gleb skażonych węglowodorami aromatycznymi [II.M.1]. Powyższy projekt pod kierownictwem doc. dr hab. Marii Król realizowałam jako główny wykonawca w latach 2007-2010. Wyniki uzyskane w toku realizacji projektu stały się podstawą do opracowania i przygotowania mojej rozprawy doktorskiej. Współpraca z doc. dr hab. Marią Król dała mi możliwość rozwijania swoich zainteresowań naukowych związanych z jednej strony z mikrobiologią środowiskową, a z drugiej strony z ochroną środowiska.

Stopień naukowy doktora nauk rolniczych uzyskałam w dniu 28 maja 2008 roku na podstawie uchwały Rady Naukowej IUNG-PIB w Puławach po publicznej obronie rozprawy pt. „Ocena przydatności bakterii *Azospirillum* spp. i *Pseudomonas stutzeri* do bioremediacji gleb skażonych węglowodorami aromatycznymi”, która zdaniem recenzentów zasługiwała na wyróżnienie. Moja rozprawa doktorska została **wyróżniona nagrodą Dyrektora IUNG-PIB** prof. dr hab. Seweryna Kukuły [II.P.2].

Podczas studiów doktoranckich oraz w pierwszych latach po uzyskaniu stopnia doktora problem zanieczyszczenia gleb wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi był przeze mnie badany w różnych aspektach, a w szczególności dotyczył:

- oceny aktywności biologicznej gleb naturalnie i sztucznie skażonych wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi,
- oceny wzrostu i rozwoju roślin jednoliściennych w warunkach skażenia gleb substancjami ropopochodnymi,
- określenia wpływu ochronnego i skuteczności wykorzystywania przez szczepy bakterii *Azospirillum* spp. i *Pseudomonas stutzeri* wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) oraz oleju napędowego jako jedyne źródła węgla i energii w procesie bioremediacji gleb skażonych tymi związkami.

Remediacja gleb zanieczyszczonych WWA najczęściej napotyka na dwa główne problemy: długi czas rozkładu tych związków oraz niewystarczający efekt oczyszczenia, a wiele pośrednich produktów degradacji WWA nie ulega dalszym przemianom. Zakres i szybkość przemian biodegradacyjnych uwarunkowany jest szeregiem czynników abiotycznych i biotycznych. Konsekwencją wystąpienia skażeń glebowych o wysokiej toksyczności jest często całkowity brak życia biologicznego na danym terenie. W takich przypadkach przeprowadzenie procesu bioremediacji możliwe jest wyłącznie po wprowadzeniu do gleby odpowiednio aktywnych drobnoustrojów tolerujących środowisko zanieczyszczenia. Do tej pory przy oczyszczaniu gleb z zanieczyszczeń związkami ropopochodnymi stosowano selektywne mikroorganizmy w postaci inokulum (bioaugmentacja) wykorzystujące związany w podłożu azot, który musiał być uzupełniany w skażonym środowisku. **Nowatorskim rozwiązaniem** tego problemu zaproponowanym w podjętych przez mnie badaniach było włączenie w proces fitoremediacji endofitycznych mikroorganizmów wiążących  $N_2$  z

wykorzystywaniem substancji ropopochodnych jako substratów energetycznych i pokarmowych. Do takich bakterii należą: ryzobakterie z rodzaju *Azospirillum* (fakultatywne endofity) wiążące wolny azot i endofit *Pseudomonas stutzeri* wiążący wolny azot przy wykorzystywaniu różnych źródeł węgla. Przeprowadzone przeze mnie **badania wykazały**, iż zastosowane szczepienie roślin *Azospirillum* spp. i *Pseudomonas stutzeri* oddziaływało pozytywnie na procesy bioremediacji zarówno w glebach sztucznie skażonych WWA (obniżka od 25 do 60% ich stężenia w porównaniu do kontroli), jak i w glebie naturalnie skażonej ropą naftową (od 2 do 25%). Analizy oznaczania WWA w glebach skażonych wykonywałam we współpracy z Instytutem Nafty i Gazu w Krakowie [**III.Q.1**]. **Wykazałam**, iż wprowadzona do gleby zawiesina bakterii *Azospirillum* spp. i *Pseudomonas stutzeri* nie ograniczała rozwoju zespołu mikroorganizmów autochtonicznych w skażonej glebie, lecz postępująca biodegradacja WWA powodowała znaczny wzrost ogólnej liczebności bakterii oraz ich poszczególnych grup fizjologicznych. **Udowodniłam**, iż na bazie szczepów *Azospirillum* spp. i *Pseudomonas stutzeri*, można będzie skomponować preparat do bioremediacji gleb skażonych WWA **przy ograniczonym uzupełnieniu środowiska nawozami azotowymi**. Rezultaty tych badań stanowiły podstawę do napisania dysertacji doktorskiej oraz opublikowania po uzyskaniu stopnia doktora 9 publikacji naukowych [**II.B.5 – II.B.10; II.B.12 – II.B.13; II.B.18**], w których byłam pierwszym autorem oraz autorem korespondencyjnym. W roku 2010 zostałam laureatką **nagrody im. Wandy Maliszewskiej** za cykl publikacji na temat mikrobiologicznego rozkładu WWA w glebach przy wykorzystaniu bakterii wiążących azot [**II.P.3**].

#### Praca naukowa po uzyskaniu stopnia doktora

**Po uzyskaniu stopnia doktora nauk rolniczych** w dyscyplinie kształtowanie środowiska, zostałam zatrudniona od 1 czerwca 2008 roku w Zakładzie Mikrobiologii Rolniczej na stanowisku **starszego specjalisty badawczo-technicznego**. Od 1 kwietnia 2016 roku do chwili obecnej pracuję na stanowisku **adiunkta** w tym samym zakładzie. Od 1 kwietnia 2013 roku w wyniku postępowania konkursowego i pozytywnej opinii Rady Naukowej IUNG-PIB Dyrektor Instytutu powołał mnie do pełnienia funkcji **kierownika Zakładu Mikrobiologii Rolniczej**. Obecnie w tym zakładzie kieruję pracą 16-osobowego zespołu pracowników naukowych oraz inżynierjno-technicznych.

W związku z kontynuacją problematyki badań z zakresu bioremediacji i oczyszczania gleb z substancji ropopochodnych moje zainteresowania i tematyka naukowa prac badawczych dotyczyła w szczególności oceny strukturalnej i funkcjonalnej bioróżnorodności środowiska glebowego w procesie bioremediacji gleb długotrwale skażonych WWA. Ten obszar naukowy jest nadal przeze mnie kontynuowany. Obecnie prowadzę badania dotyczące oceny strukturalnej i funkcjonalnej różnorodności mikrobiologicznej (bakterii i grzybów) w glebach pobranych bezpośrednio spod szybów naftowych z terenu Kopalni Ropy Naftowej w Węglówce. Wyniki moich badań z zakresu bioremediacji gleb prezentowałam wielokrotnie w 19 doniesieniach na konferencjach międzynarodowych [**II.I.1 – II.I.7; II.I.12 – II.I.15; II.I.19 – II.I.20; II.I.24 – II.I.26; II.I.33 – II.I.34; II.I.39**], jak również w 18 doniesieniach na konferencjach krajowych [**II.J.11 – II.J.13; II.J.16 – II.J.18; II.J.20; II.J.25; II.J.27; II.J.35; II.J.54 – II.J.55; II.J.79; II.J.90; II.J.103; II.J.115; II.J.126; II.J.130**]. Wygłosiłam także



3 referaty na konferencjach międzynarodowych [III.A.1; III.A.6; III.A.8] oraz 5 referatów na konferencjach krajowych [III.B.8, III.B.9; III.B.11; III.B.16; III.B.46]. Wyniki moich badań z zakresu bioremediacji gleb skażonych wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi prezentowałam także w formie 20 posterów na konferencjach międzynarodowych [III.C.1 – III.C.6; III.C.9 – III.C.11; III.C.14 – III.C.15; III.C.17 – III.C.18; III.C.23 – III.C.25; III.C.27 – III.C.28; III.C.33; III.C.39] oraz w formie 15 posterów na konferencjach krajowych [III.D.6 – III.D.9; III.D.12 – III.D.13; III.D.15; III.D.20 – III.D.21; III.D.33; III.D.53; III.D.59; III.D.66; III.D.73; III.D.75]. Wyniki tych badań zostały także opublikowane w dwóch publikacjach w czasopiśmie z listy JCR [II.A.1 – II.A.2] oraz w dwóch rozdziałach w monografii opublikowanych w języku angielskim [II.D.1 – II.D.2] oraz trzech rozdziałach w monografii w języku polskim [II.E.4; II.E.10; II.E.11].

Ponadto **uzyskane przeze mnie wyniki badań** zawarte w wymienionych opracowaniach mają również **duże znaczenie praktyczne**. Nie tylko pozwalają one na prawidłową ocenę zmian właściwości środowiska glebowego zachodzących w warunkach skażenia gleb, ale również wyizolowane szczepy mogą być wykorzystane jako szczepionki stosowane na glebach skażonych w procesie bioremediacji.

**Główny nurt mojej aktywności naukowo - badawczej po doktoracie** stanowiły badania dotyczące oceny jakości środowiska glebowego w różnych systemach produkcji roślinnej oraz technikach uprawy roli ze szczególnym uwzględnieniem zawartości glomalin, co przedstawiono w części 4c autoreferatu, w których **mój udział był wiodący**. Ponadto, brałam również aktywny udział w realizacji licznych tematów badawczych w ramach współpracy z naukowcami zarówno z Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa, jak i naukowcami z innych jednostek naukowo-badawczych w Polsce.

Od początku pracy w Instytucie moje zainteresowania naukowe obejmowały bardzo szerokie spektrum zagadnień z zakresu mikrobiologii ogólnej, mikrobiologii środowiskowej, biotechnologii, biologii molekularnej oraz metagenomiki. Swoje badania naukowe rozwijałam zarówno jako kierownik oraz główny wykonawca kilku projektów badawczych [II.M.2 – II.M.6], kilkunastu tematów badawczych realizowanych w ramach działalności statutowej IUNG-PIB [II.N.1 – II.N.15], oraz zadań w Programie Wieloletnim IUNG-PIB [II.Q.1 – II.Q.3]. Byłam kierownikiem dwóch tematów badawczych [II.N.1, II.N.4], a obecnie jestem kierownikiem jednego tematu realizowanego w ramach działalności statutowej IUNG-PIB [II.N.8] oraz kierownikiem zadania 1.4 w Programie Wieloletnim IUNG-PIB realizowanym w latach 2016-2020 [II.O.1].

Poza zagadnieniem dotyczącym bioremediacji gleb skażonych wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi, które omówiłam powyżej, moje pozostałe aktywności zawodowe grupują się w następujących obszarach i tematach badawczych:

### **1. Określenie zdolności bakterii endofitycznych *Azospirillum spp.* do kolonizacji ryzosfery zbóż**

Badania dotyczące określenia zdolności bakterii endofitycznych do kolonizacji ryzosfery zbóż realizowałam jako kierownik tematu w ramach działalności statutowej IUNG-PIB w latach 2010 – 2012 [II.N.1].

Celem moich badań było określenie zależności pomiędzy odpornością na biologiczne działanie kwasów fenolowych u różnych szczepów z rodzaju *Azospirillum* spp. a efektywnością kolonizacji ryzosfery zbóż oraz wpływu tych szczepów na aktywność mechanizmów odpornościowych roślin. Badania prowadziłam we współpracy z dr Jerzym Żuchowskim z Zakładu Biochemii i Jakości Plonów (IUNG-PIB, Puławy).

W ramach realizacji powyższego tematu badawczego **określiłam** zawartości kwasów fenolowych w ziarnie oraz w 30-dniowych siewkach zbóż: pszenicy ozimej (odmiany Tonacja, Bogatka, Satyna), jęczmienia ozimego (Laverola, Mertada i Merk), jęczmienia jarego (Rodos, Rambo, Start) oraz żyta ozimego (Stanko, Dańkowskie Złote, Amilo), a także w siewkach pszenicy ozimej (Tonacja, Bogatka, Satyna) i jęczmienia ozimego (Laverola, Mertada i Merk) rosnących na czarnoziemiu, rędzinie wapiennej, glebie płowej oraz glebie brunatnej. W badaniach zespołowych przeprowadziłam także analogiczne oznaczenia zawartości kwasów fenolowych w siewkach zbóż w warunkach szczepienia roślin zawiesiną bakterii *Azospirillum* spp. (5 ml zawiesiny o gęstości  $1 \times 10^8$  jtk na 500 g gleby). W wyniku przeprowadzonych analiz **udowodniono**, iż badane ziarniaki zbóż charakteryzował zróżnicowany poziom stężenia kwasów fenolowych, zależny od właściwości gatunków i odmian roślin. Najwyższe zawartości kwasów fenolowych ( $\Sigma 8$  kwasów fenolowych) stwierdziłam w przypadku żyta ozimego odmiana Stanko (2040  $\mu\text{g/g}$ ), zaś najniższe w przypadku jęczmienia ozimego odmiana Metaxa (151  $\mu\text{g/g}$ ), przy czym w największej ilości w składzie tych kwasów występował kwas ferulowy i kwas p-kumarowy. **Stwierdziłam** statystycznie istotny spadek zawartości kwasów fenolowych w ryzosferze roślin szczepionych zawiesiną bakterii z rodzaju *Azospirillum* spp., który był szczególnie widoczny w przypadku wzrostu roślin na czarnoziemiu i rędzinie wapiennej.

**Stwierdziłam**, iż szczepy bakterii *Azospirillum* spp. charakteryzowały się wysoką aktywnością nitrogenazy podczas wzrostu w podłożach bezazotowych zawierających kwas kawowy, syringowy, p-kumarowy i ferulowy jako jedyne źródła węgla i energii. Najwyższe średnie wartości aktywności nitrogenazy szczepów bakterii *Azospirillum* spp., w czasie 168 godzin inkubacji, hodowanych w pożywkach bezazotowych z kwasami fenolowymi, jako jedynym źródłem węgla uzyskałam w czasie 24 i 48 godzin inkubacji w przypadku kwasu ferulowego oraz w czasie 48 godzin w przypadku kwasu p-kumarowego. Najwyższą średnią aktywność nitrogenazy stwierdziłam w przypadku szczepu 1/7 ( $364,87 \text{ nM C}_2\text{H}_4 \cdot \text{h}^{-1} \text{ cm}^{-3}$  fazy gazowej), szczepu 12/6 ( $245,14 \text{ nM C}_2\text{H}_4 \cdot \text{h}^{-1} \text{ cm}^{-3}$ ) oraz szczepu 4B ( $248,46 \text{ nM C}_2\text{H}_4 \cdot \text{h}^{-1} \text{ cm}^{-3}$ ). Udowodniłam, iż szczepienie siewek zbóż mieszaniną bakterii z rodzaju *Azospirillum* spp. nie wpłynęło istotnie na spadek aktywności przeciwtleniającej badanych kwasów fenolowych. Stwierdziłam jednak istotny wpływ szczepienia siewek zbóż na wzrost aktywności amoniakolizacji L-feniloalaninowej (PAL), a tym samym na wzrost odporności systemicznej u roślin. Właściwości antyutleniające kwasów fenolowych zależały zarówno od czasu trwania reakcji, jak również od cech genotypowych odmiany rośliny. Ziarniaki zbóż o wyższej zawartości kwasów fenolowych wykazywały także wyższą aktywność antyoksydacyjną ekstraktów tych związków. Wyniki zawartości kwasów fenolowych w ziarnie badanych odmian roślin korelowały z aktywnością antyutleniającą ich ekstraktów. Szczepy bakterii z rodzaju *Azospirillum* aktywnie kolonizowały ryzosferę siewek zbóż w przypadku wszystkich badanych gleb, co potwierdziłam zarówno ich liczebnością w ryzosferze zbóż po zakończonym doświadczeniu, jak i badaniami molekularnymi. Na podstawie sekwencji genów 16S rRNA i



genu nifH wyznaczyłam filogenetyczne drzewo izolatów z rodzaju *Azospirillum* pokazujące wzajemne pokrewieństwo między tymi szczepami. W mojej opinii zdolność bakterii endofitycznych z rodzaju *Azospirillum* do wykorzystywania związków fenolowych w ryzosferze i zdolności do jej kolonizacji może przynieść w przyszłości możliwość wykorzystania tych bakterii w biologicznej ochronie roślin.

Uzyskane w ramach realizacji projektu wyniki badań stały się podstawą do opracowania 1 publikacji w czasopiśmie z kat. A [II.A.3] oraz 3 publikacji naukowych w czasopismach z kat. B [II.B.11; II.B.14; II.B.22]. Opracowałam także 2 rozdziały w monografii w języku polskim [II.E.6; II.E.12]. Wygłosiłam 1 referat na konferencji międzynarodowej [III.A.2] oraz 1 referat na konferencji krajowej [II.B.19]. Zaprezentowałam także 9 posterów na konferencjach krajowych [III.D.14; III.D.17; III.D.22 – III.D.23; III.D.27 – III.D.31]. Ponadto wyniki powyższych badań opublikowałam w 9 materiałach konferencyjnych [II.J.19; II.J.22; II.J.28 – II.J.29; II.J.32 – II.J.33; II.J.42; II.J.53; II.J.56]. Szczegółowe wyniki powyższych badań przedstawiłam także w raporcie końcowym z realizacji tematu badawczego [II.K.2].

## 2. Ocena aktywności biologicznej gleb i opracowanie systemu uprawy roli dla rolnictwa zrównoważonego

Moje zainteresowania naukowe realizowane w badaniach zespołowych, są również ukierunkowane na problematykę oceny jakości środowiska glebowego przy zastosowaniu konserwujących systemów uprawy roli. Ocena aktywności biologicznej gleb w tych systemach prowadziłam w ramach realizowanego przez IUNG-PIB projektu „Opracowanie systemu uprawy gleby dla rolnictwa zrównoważonego” WND-POIG.01.03.01-00-042/09 współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach POIG 2007-2013. Powyższy projekt celowy pod kierownictwem dr hab. Janusza Smagacza realizowałam jako główny wykonawca zadania dotyczącego oceny aktywności biologicznej gleby w latach 2010-2013 [II.M.2].

Z uprawą gleby nierozzerwalnie wiąże się jakość środowiska glebowego. Intensywna uprawa roli prowadzi do znacznej degradacji środowiska glebowego, co wymusza ciągłe poszukiwanie nowych technik, które sprzyjają zarówno ochronie funkcji gleby jak również jej bioróżnorodności. Rolnictwo zrównoważone, którego założenia sprzyjają zachowaniu naturalnego środowiska oraz wzrost produkcji bez nadmiernej ingerencji w naturalne zasoby środowiska przyrodniczego, bazuje na wspieraniu naturalnych procesów biologicznych bez naruszania procesów odtwarzających życie biocenozy i naturalną strukturę gleby. W toku realizacji projektu **udowodniłam w badaniach zespołowych**, iż dobór odpowiedniej techniki uprawy roli może istotnie ograniczyć stopień zachwaszczenia łąn i gleby, a tym samym zmniejszyć zużycie przemysłowych środków produkcji (głównie herbicydów), co w konsekwencji skutkuje wzrostem bioróżnorodności i jakości środowiska glebowego. Prace badawczo-rozwojowe prowadziłam wraz zespołem na bazie trwałych, ścisłych doświadczeń łąkowych: na glebie płowej wytworzonej z gliny piaszczystej w SD IUNG-PIB w Jelczu-Laskowicach (powiat Oława, woj. dolnośląskie) oraz na glebie brunatnej właściwej o składzie granulometrycznym pyłu ilastego w gospodarstwie indywidualnym zlokalizowanym w Rogowie (powiat Zamość, woj. lubelskie). W doświadczeniach porównywano trzy systemy

uprawy roli: technika tradycyjna (plużna), technika uproszczona oraz siew bezpośredni (uprawa zerowa).

W ramach tych badań wykonano m.in. oznaczenia aktywności biologicznej gleb jako jednego z wskaźników oceny systemu uprawy roli dla potrzeb rolnictwa zrównoważonego. Badania prowadzono w celu opracowania najefektywniejszej metody uprawy roli zmniejszającej liczebność i masę chwastów występujących w zbiorowiskach upraw polowych oraz zwiększającej zawartość materii organicznej w glebie i jej aktywność biologiczną. Ocenę aktywności biologicznej gleb przeprowadziłam w dwóch warstwach gleby: 0-5 i 15-30 cm, gdzie oznaczyłam aktywność enzymatyczną oraz zawartość węgla i azotu w biomacie mikroorganizmów glebowych metodą fumigacji – ekstrakcji. Wysoką aktywność enzymatyczną **stwierdziłam** w glebie brunatnej właściwej w systemie siewu bezpośredniego oraz uprawy uproszczonej. Ponadto **potwierdziłam** silne, dodatnie korelacje występujące pomiędzy aktywnością enzymatyczną gleb a zawartością węgla organicznego w biomacie drobnoustrojów w warunkach siewu bezpośredniego. W glebie spod roślin uprawianych w systemie siewu bezpośredniego stwierdziłam także statystycznie istotne wyższe ogólne liczebności bakterii i promieniowców oraz statystycznie istotne wyższe aktywności badanych enzymów glebowych: dehydrogenaz, fosfatazy zasadowej i kwaśnej. Stwierdziłam wysoką ogólną liczebność bakterii amonifikacyjnych w poziomie powierzchniowym w obu glebach we wszystkich systemach uprawy roli. Liczebność bakterii celulozowych była największa w obu typach gleb w systemie uprawy zerowej. W badaniach zespołowych potwierdziłam, iż uprawa tradycyjna z orką przyczyniała się do obniżenia ogólnych liczebności drobnoustrojów i obniżenia aktywności enzymatycznej gleb w stosunku do stwierdzonych w systemie siewu bezpośredniego i w uprawie uproszczonej.

Uzyskane w ramach realizacji projektu wyniki badań stały się podstawą do opracowania 1 publikacji naukowej [II.B.27] oraz 1 rozdziału w monografii naukowej wydanej w języku polskim [II.E.5]. Ponadto wyniki tych badań prezentowałam na konferencjach naukowych, gdzie wygłosiłam 3 referaty na konferencji międzynarodowej [III.A.7; III.A.9; III.A.10] oraz 1 referat na konferencji krajowej [III.B.21]. Zaprezentowałam także 4 prezentacje posterowe na konferencjach międzynarodowych [III.C.12; III.C.13; III.C.19; III.C.22] oraz 5 prezentacji posterowych na konferencjach krajowych [III.D.18; III.D.19; III.D.25; III.D.26; III.D.42]. Ponadto wyniki powyższych badań opublikowałam w 3 materiałach konferencyjnych podczas uczestnictwa w konferencjach międzynarodowych [II.I.16; II.I.17; II.I.21] oraz w 5 materiałach konferencyjnych podczas uczestnictwa w konferencjach krajowych [II.J.23; II.J.24; II.J.30; II.J.31; II.J.74]. Szczegółowe wyniki omawianych badań przedstawiłam także w raporcie końcowym z realizacji tematu badawczego [II.K.2].

Jako członek zespołu realizującego powyższe zagadnienie **zostałam nagrodzona wyróżnieniem Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi** za osiągnięcia w zakresie wdrażania postępu w rolnictwie, rozwoju wsi, rynkach rolnych i rybołówstwie w roku 2017. Tytuł wyróżnienia: „Opracowanie i wdrażanie konserwujących systemów uprawy roli w warunkach glebowo-klimatycznych Polski” [II.P.7].

### 3. Ocena aktywności biologicznej gleby spod kukurydzy uprawianej w wieloletniej monokulturze i zmianowaniu w zależności od sposobu przygotowania roli do siewu.

Temat dotyczący oceny aktywności biologicznej gleby w wieloletniej monokulturze kukurydzy realizowałam w badaniach zespołowych w latach 2004-2015 w ramach projektu statutowego IUNG-PIB pod kierownictwem prof. dr hab. Jerzego Księżaka [II.N.3]. Przeprowadzone w ramach powyższego tematu badania zaowocowały licznymi publikacjami, z których część stała się także podstawą mojego osiągnięcia naukowego przedstawionego w kilku publikacjach [I.B.1; I.B.3 – I.B.5].

Badania oceny aktywności biologicznej gleby w wieloletniej monokulturze kukurydzy **prowadziłam** na modelowym doświadczeniu polowym założonym w roku 2004 na glebie płowej, zaliczonej do kompleksu żytanego bardzo dobrego w RZD Grabów (woj. mazowieckie). W schemacie doświadczenia uwzględniono trzy obiekty: monokultura kukurydzy - uprawa zerowa (siew bezpośredni), monokultura kukurydzy - pełna uprawa płużna, uprawa w zmianowaniu (jęczmień jary, pszenica ozima, kukurydza) - pełna uprawa płużna. Badania prowadziłam corocznie w pięciu terminach: w 3 fazach wzrostu kukurydzy (6 liści, 12 liści, w fazie kwitnienia) oraz przed zbiorem i po zbiorze roślin. Ocenę aktywności biologicznej gleb dokonałam na podstawie oznaczenia podstawowych grup liczebności drobnoustrojów glebowych oraz aktywności enzymatycznej.

**Stwierdziłam** statystycznie istotny wzrost aktywności biologicznej gleby po zastosowaniu siewu bezpośredniego w porównaniu do uprawy występującej w zmianowaniu roślin i uprawie płużnej. Wzrost ogólnej liczebności bakterii, grzybów, bakterii amonifikacyjnych i drobnoustrojów rozpuszczających fosforany potwierdziłam zarówno po zastosowaniu siewu bezpośredniego, jak i w warunkach zmianowania roślin. Zastosowanie siewu bezpośredniego w wieloletniej monokulturze nie wpłynęło ujemnie na plonowanie kukurydzy, lecz opóźniało dojrzewanie ziarna w stosunku do obiektu z pełną uprawą płużną i zmianowaniem roślin. Ponadto aktywność biologiczna gleby była dodatnio skorelowana z plonem roślin. Uprawa w monokulturze i w warunkach siewu bezpośredniego nie zwiększała zainfekowania roślin przez głównie guzowatą kukurydzy (*Ustilago zaeae* Unger).

Uzyskane w ramach realizacji projektu wyniki badań, poza publikacjami przedstawionymi jako osiągnięcie naukowe, stały się podstawą do opracowania 2 innych publikacji w czasopiśmie z kat. A [II.A.9; II.A.10]. Wygłosiłam 1 referat na konferencji międzynarodowej [III.A.9] oraz 4 referaty na konferencji krajowej [III.B.20; III.B.31; III.B.34; III.B.47]. Zaprezentowałam także 4 postery na konferencjach międzynarodowych [III.C.21; III.C.29; III.C.30; III.C.38] oraz 6 posterów na konferencjach krajowych [III.D.40; III.D.45; III.D.54; III.D.64; III.D.67; III.D.74]. Zostałam również nagrodzona za wyróżniający się poster na VII Konferencji Naukowej PTA „Bioróżnorodność – nowe wyzwania dla rolnictwa w Polsce”, Rzeszów, 11-13.09.2017 r. [II.P.5].

Ponadto wyniki powyższych badań opublikowałam w 6 doniesieniach podczas uczestnictwa w konferencjach międzynarodowych [II.I.22; II.I.23; II.I.27 – II.I.30] oraz w 13 doniesieniach podczas uczestnictwa w konferencjach krajowych [II.J.14; II.J.15; II.J.46; II.J.50; II.J.52; II.J.65; II.J.77; II.J.81; II.J.91; II.J.108; II.J.114; II.J.119; II.J.129].

Szczegółowe wyniki powyższych badań przedstawiłam także w raporcie końcowym z realizacji tematu badawczego [II.K.5].

#### 4. Kształtowanie żyzności gleby poprzez stosowanie preparatów z mikroorganizmami pożytecznymi

Powyższy projekt badawczy realizowałam jako główny wykonawca w ramach tematu badawczego z działalności statutowej IUNG-PIB w latach 2013-2015 [II.N.2]. Badania wykonywałam we współpracy z dr Anną Kocoń (Zakład Żywienia Roślin i Nawożenia IUNG-PIB), kierownikiem tegoż tematu.

Dla rolnictwa najważniejsza jest żyzność gleby, czyli zawartość składników zaspokajających życiowe potrzeby roślin. Najczęściej, jeżeli typ gospodarstwa (z produkcją zwierzęcą) na to pozwala stosuje się dobrze przefermentowany obornik, który ma ogromne znaczenie w podnoszeniu żyzności gleby i zdrowotności roślin. Jednak coraz częściej w celu zwiększenia aktywności biologicznej gleby oraz plonu roślin stosowane są preparaty zawierające mikroorganizmy stymulujące wzrost i rozwój roślin. Celem prowadzonych **badania zespołowych** była ocena efektywności działania wybranych preparatów mikrobiologicznych na poprawę żyzności gleby. Badania dotyczące oceny efektywności działania dotyczyły trzech wybranych, najbardziej rozpowszechnionych w praktyce rolniczej preparatów z mikroorganizmami pożytecznymi (EM – Efektywne Mikroorganizmy, ProBioEmy i UGmax-Użyźniacz glebowy), **przeprowadziłam** w warunkach eksperymentów polowych w RZD w Grabowie. Preparaty mikrobiologiczne były stosowane wg zaleceń producenta, m.in. do zaprawiania nasion oraz bezpośrednio na ściernisko lub na słomę pozostawioną na polu po zbiorze ziarna a także na słomę z dodatkiem azotu. Działanie badanych produktów porównywałam z obiektami kontrolnymi, bez stosowania ww. preparatów. Na podstawie analiz mikrobiologicznych gleby z poszczególnych obiektów doświadczalnych **nie stwierdziłam** statystycznie istotnej różnicy pomiędzy obiektami kontrolnymi a obiektami z zastosowanymi preparatami, za wyjątkiem kombinacji z zastosowaniem słomy na ściernisko przy zadozowaniu preparatu ProBioEmy (statystycznie istotny wzrost ogólnej liczebności drobnoustrojów glebowych – bakterii, promieniowców i aktywności dehydrogenaz) oraz preparatu EM (statystycznie istotny wzrost aktywności enzymatycznej gleby – aktywności dehydrogenaz). W badaniach aktywności biologicznej gleby **uwzględniłam** także liczebność drobnoustrojów rozpuszczających fosforany. Najwyższą liczebność drobnoustrojów rozpuszczających fosforany stwierdziłam w ostatnim roku badań (2014) po zastosowaniu preparatu EM i UGmax. Najwyższą aktywność fosfatazy alkalicznej stwierdziłam w pierwszym roku badań (2012), co było uwarunkowane czynnikami atmosferycznymi. Ponadto **nie stwierdziłam** statystycznie istotnego wpływ zarówno zastosowanego preparatu, sposobu jego dozowania oraz nawożenia na zmiany aktywności fosfatazy alkalicznej w badanych próbkach glebowych. Natomiast w przypadku oznaczeń aktywności fosfatazy kwaśnej stwierdziłam statystycznie istotny wpływ zarówno zastosowanego preparatu, sposobu jego dozowania oraz roku badań na poziom aktywności fosfatazy kwaśnej w glebie. Najwyższe aktywności fosfatazy kwaśnej stwierdziłam w pierwszym i drugim roku badań po zastosowaniu preparatu o nazwie EM i UGmax. Ponadto stwierdziłam, iż na poziom aktywności fosfatazy kwaśnej istotnie statystycznie wpłynął także sposób stosowania preparatu oraz poziom nawożenia azotem.

Wielu autorów podkreśla, że w warunkach polowych trudno jest uzyskać pozytywne efekty stosowania preparatów mikrobiologicznych, głównie ze względu na wielokierunkowe interakcje między organizmami glebowymi oraz oddziaływaniem bardzo zmiennych warunków pogodowych i abiotycznych właściwości gleb na rozwój mikroorganizmów glebowych. Liczebność mikroorganizmów wprowadzanych do gleby jest zwykle zredukowana do poziomu naturalnego. Każda gleba w warunkach naturalnych zasiedlona jest przez drobnoustroje, które przystosowały się do życia w danej glebie i skolonizowały w niej wszystkie dostępne i umożliwiające egzystencję nisze ekologiczne. Urodzajne, żyzne gleby zawierają w 1g świeżej masy gleby setki milionów, a nawet miliardy samych bakterii. Ich liczebność i aktywność uwarunkowana jest wieloma czynnikami biotycznymi i abiotycznymi.

Uzyskane w ramach realizacji projektu wyniki badań stały się podstawą do opracowania 1 publikacji naukowej z listy JCR [II.A.11] oraz 1 publikacji naukowej z kategorii B [II.B.17]. Opracowałam również 4 rozdziały w monografii w języku polskim [II.E.7 – II.E.9; II.E.16]. Zaprezentowałam także 2 postery na konferencjach międzynarodowych [III.C.16; III.C.26] oraz 4 postery na konferencjach krajowych [III.D.24; III.D.34; III.D.37; III.D.39].

Ponadto wyniki powyższych badań opublikowałam w 1 doniesieniu podczas uczestnictwa w konferencji międzynarodowej [II.I.18] oraz w 3 materiałach konferencyjnych podczas uczestnictwa w konferencji krajowej [II.J.43; II.J.48; II.J.106]. Szczegółowe wyniki powyższych badań przedstawiłam także w raporcie końcowym z realizacji tematu badawczego [II.K.6].

## 5. Ocena różnorodności mikroorganizmów w glebie i w ryzosferze zbóż

Powyższy temat badawczy realizuję jako kierownik w ramach działalności statutowej IUNG-PIB od roku 2017 [II.N.3].

W ramach badań swoją uwagę koncentruję na określeniu różnorodności funkcjonalnej i taksonomicznej w najbardziej charakterystycznych typach gleb przy zastosowaniu metody sekwencjonowania następnej generacji (NGS) oraz określeniu tzw. profilu metabolicznego gleby (community level physiological profiles - CLPP) przy zastosowaniu metody Biolog EcoPlate. Zastosowanie w badaniach obu tych analiz pozwala mi na dokładną analizę otrzymanych wyników badań oraz skorelowanie zidentyfikowanych poziomów taksonomicznych bakterii i grzybów z podstawowymi właściwościami biologicznymi i fizykochemicznymi gleb. **Badania prowadzę wraz z zespołem** na bazie próbek glebowych pochodzących z modelowego doświadczenia glebowego założonego w 1881 roku w Puławach (51° 24'N, 21° 57'E) na różnych typach gleb. Jest to najstarszy i zarazem bardzo cenny pod względem badawczym obiekt doświadczalny z udokumentowaną, ponad 130 letnią historią badań. Obecnie pracuję wraz z zespołem nad określaniem mikrobiomu rdzeniowego, który zostanie obliczony dla grupy pięciu gleb, zaliczanych do dobrych jakościowo, urodzajnych oraz dla grupy trzech gleb kwaśnych o niskiej jakości. Badania te będą podstawą do poszukiwania glebowych markerów bakteryjnych oraz odpowiedzi na pytanie, jaki jest związek pomiędzy właściwościami fizykochemicznymi gleby a bytującymi w niej mikroorganizmami. Kolejnym etapem badań będzie analiza strukturalna populacji grzybów, a także innych mikroorganizmów związanych z ryzosferą oraz endoryzosferą roślin. Zagadnienie związane z metagenomiką stanowią dla mnie i mojego zespołu badawczego duże wyzwanie naukowe, które pragnę



rozwijać również w niniejszym projekcie. Metagenomika stanowi szeroko rozwijającą się dziedzinę nauki, polegającą na analizie materiału genetycznego pozyskanego z danego mikrobiomu (np. gleby), na który składa się ogół zasiedlających go mikroorganizmów. Poprzez sekwencjonowanie określonych fragmentów DNA, na które składają się regiony konserwatywnie zachowane w ewolucji oraz hiperzmienne, możliwe jest poznanie różnorodności genetycznej, składu populacyjnego oraz wpływu szeregu czynników biotycznych i abiotycznych badanego środowiska na drobnoustroje. Technika ta pozwala także, co jest bardzo cenne w badaniach mikrobiologicznych, na wgląd w genetyczną różnorodność bez konieczności prowadzenia hodowli komórkowych. Bowiem jak już dostępne wiadomo, jedynie 1-10% populacji bakterii i grzybów stanowią drobnoustroje hodowlane. Wyniki uzyskane z sekwencjonowania, interpretowane w aspekcie mikrobiomu i utrzymania jego homeostazy, mogą stanowić cenną wiedzę w ochronie i jakości środowiska glebowego.

Uzyskane w ramach dotychczasowej realizacji projektu wyniki badań stały się podstawą do opracowania 1 publikacji naukowej w czasopiśmie z kat. A [II.A.13]. Zaprezentowałam 1 referat na konferencji krajowej [III.B.42]. Zaprezentowałam także jako współautor 1 poster na konferencji międzynarodowej [III.C.31] oraz 2 postery na konferencji krajowej [III.D.57; III.D.62]. Ponadto wyniki powyższych badań przedstawiłam jako współautor w 2 doniesieniach w materiałach konferencyjnych podczas uczestnictwa w konferencji międzynarodowej [II.I.31; II.I.36] oraz w 10 doniesieniach w materiałach konferencyjnych podczas uczestnictwa w konferencji krajowej [II.J.59; II.J.61; II.J.63; II.J.69; II.J.75; II.J.76; II.J.80; II.J.82; II.J.83; II.J.110]. Obecnie wraz z zespołem realizującym temat badawczy przygotowuję kolejne publikacje. W ramach realizacji powyższego projektu **sprawuję także opiekę naukową** nad Panem mgr Jarosława Grządzielem, który przygotowuje swoją rozprawę doktorską dotyczącą strukturalnej różnorodności mikroorganizmów w różnych typach gleb [III.K.2].

## **6. Ocena i kształtowanie bioróżnorodności strukturalnej i funkcjonalnej środowiska glebowego oraz aktywności mikrobiologicznej gleb z uwzględnieniem różnych warunków siedliskowych i systemów gospodarowania**

Powyższy temat badawczy realizuję jako kierownik zadania 1.4 w Programie Wieloletnim IUNG-PIB na lata 2016-2020 [II.O.1].

Celem głównym, kierowanego przez mnie zadania jest **dobór i opracowanie wskaźników** do oceny i kształtowania bioróżnorodności mikrobiologicznej środowiska glebowego i aktywności mikroorganizmów glebowych w różnych warunkach siedliskowych roślin oraz w różnych systemach gospodarowania. Z powyższą tematyką jestem związana od początku swojej pracy naukowej i uważam, iż niewątpliwie ważnym aspektem badawczym jest poszukiwanie i opracowanie miarodajnych wskaźników jakości środowiska glebowego, które mogłyby być zastosowane w monitoringu gleb rolniczych oraz przydatne do zastosowania w badaniach decyzyjnych Wspólnej Polityki Rolnej. Z punktu widzenia rolnictwa wskaźnikiem wysokiej jakości gleb jest wielkość i jakość plonu oraz jego stabilność i powtarzalność, a właściwe praktyki rolnicze są postrzegane jako podstawowy warunek gwarantujący zdrowie i dobrobyt ludzi oraz bezpieczeństwo żywności. Wiadomo bowiem powszechnie z dostępnej literatury, iż prawidłową strukturę gleby oraz jej żyzność warunkuje wzmożona aktywność



biologiczna, w tym liczebność mikroorganizmów glebowych, aktywność enzymatyczna, różnorodność funkcjonalna i strukturalna. Różnorodność mikrobiologiczna może być ograniczona w warunkach naturalnych poprzez nieodpowiednie czynniki środowiskowe, do których należą m.in. ograniczone zasoby pokarmowe, ekologiczne i fizyczne czynniki przewyższające tolerancję organizmu oraz system uprawy roli i interakcje międzygatunkowe uniemożliwiające występowanie lub utrzymanie gatunku w danym środowisku.

Oznaczania aktywności biologicznej gleb oraz jej bioróżnorodności funkcjonalnej i strukturalnej **prowadzę** w badaniach zespołowych na podstawie wieloletnich doświadczeń polowych w aspekcie różnych systemów uprawy zbóż oraz w doświadczeniu dotyczącym uprawy kukurydzy i pszenicy ozimej w monokulturze i zmianowaniu. Wybrane wskaźniki do oceny bioróżnorodności środowiska glebowego obejmują zarówno klasyczne analizy z zakresu mikrobiologii i biochemii gleb, jak i nowoczesne techniki biologii molekularnej. Ponadto w 2017 roku zakończyłam wraz z zespołem badawczym analizy dotyczące oznaczeń ogólnych liczebności mikroorganizmów glebowych, aktywności enzymatycznej oraz biomasy węgla i azotu w wybranych próbkach glebowych w skali kraju. Rozpoczęłam także prace nad selekcją mikroorganizmów dla poprawy żyzności i aktywności biologicznej gleby z uwzględnieniem zmian w zakresie składu i wielkości populacji mikroflory glebowej. Obecnie prowadzę ocenę ogólnej liczebności oraz charakterystykę biochemiczną bakterii PSB (Phosphate Solubilizing Bacteria) najwydajniej uruchamiających fosfor z różnych nierozpuszczalnych związków. W roku 2017 rozpoczęłam także wraz z zespołem realizującym temat badania dotyczące izolacji i identyfikacji genotypowej izolatów bakterii endofitycznych na podstawie sekwencji genu 16S rybosomalnego RNA. Zgromadzona kolekcja szczepów bakterii endofitycznych z różnych roślin uprawnych takich jak: kukurydza, pszenica, żyto i bobik, a także roślin dzikich do tej pory została scharakteryzowana pod kątem morfologicznym i genetycznym. W mojej opinii uzyskane wyniki przyczynią się do selekcji szczepów, które po złożonej charakterystyce potencjału biotechnologicznego zostaną przetestowane w warunkach *in situ*, tak aby utworzyć konsorcjum mikroorganizmów skutecznie poprawiające wzrost roślin.

Uzyskane w ramach dotychczasowej realizacji zadania wyniki badań stały się podstawą do opracowania 4 publikacji naukowych z listy JCR [II.A.4; II.A.6 – II.A.8] oraz 5 publikacji naukowej z kategorii B [II.B.20 – II.B.21; II.B.24 – II.B.26]. Opracowałam także 1 monografię naukową w języku polskim [II.C.1] oraz 4 rozdziały w monografii w języku polskim [II.E.12 – II.E.15]. Wygłosiłam jako współautor 1 referat na konferencji międzynarodowej [III.A.10] oraz 15 referatów na konferencjach krajowych [II.B.25; II.B.30; II.B.33; II.B.39; II.B.40; II.B.42; 43; II.B.45; II.B.48 - II.B.53; II.B.55]. Zaprezentowałam także jako autor i współautor 3 postery na konferencjach międzynarodowych [III.C.32; III.C.35; III.C.37] oraz 14 posterów na konferencjach krajowych [III.D.42 - III.D.44; III.D.55 - III.D.57; III.D.60; III.D.63; III.D.65; III.D.69 – III.D.72; III.D.77].

Ponadto wyniki powyższych badań opublikowałam w 5 komunikatach podczas uczestnictwa w konferencjach międzynarodowych [II.I.32 – II.I.37] oraz w 24 doniesieniach podczas uczestnictwa w konferencjach krajowych [II.J.59; II.J.61; II.J.65; II.J.67; II.J.68; II.J.75; II.J.76; II.J.92; II.J.93; II.J.97; II.J.98; II.J.101; II.J.102; II.J.105; II.J.107; II.J.111 – II.J.113; II.J.118; II.J.121 – II.J.124; II.J.128]. Szczegółowe wyniki powyższych badań przedstawiłam także w rocznych raportach z realizacji zadania badawczego [II.K.11; II.K.17].

## 7. Badania aplikacyjne nad wykorzystaniem bakterii wiążących azot atmosferyczny w uprawie roślin bobowatych

Rośliny bobowate (motylkowate) są ważnym źródłem białka dla ludzi i zwierząt hodowlanych, a ich uprawa wpływa korzystnie na żyzność gleb i plonowanie innych roślin uprawianych w zmianowaniu, zwłaszcza w warunkach rolnictwa integrowanego i ekologicznego, m.in. dlatego, że mogą one korzystać z azotu atmosferycznego dzięki symbiozie z bakteriami brodawkowymi (rizobia). Bakterie te indukują powstawanie na korzeniach roślin brodawki symbiotyczne, w których odbywa się proces redukcji azotu atmosferycznego do formy amonowej, pobieranej przez roślinę motylkową. W nowoczesnej agrotechnice wielu roślin uprawnych, w tym także bobowatych, przedsiewne zaprawianie nasion preparatami chemicznymi jest jednym z podstawowych zabiegów. Preparaty te, czyli zaprawy nasienne fungicydowe i insektycydowe, ograniczają bowiem rozwój patogenów i szkodników nie tylko w czasie kiełkowania nasion ale także w początkowych fazach rozwoju młodych siewek roślin. W przypadku roślin motylkowatych ważnym zabiegiem jest także przedsiewne zaprawianie nasion szczepionką (nitraginą) zawierającą bakterie symbiotyczne tych roślin. Zabieg szczepienia nitraginą powoduje istotne zwwyżki plonów omawianych roślin zwłaszcza wtedy, gdy w glebie brak jest bakterii brodawkowych specyficznych dla danej rośliny, np. dla soi w naszych glebach, lub gdy liczebność tych bakterii w środowisku glebowym jest niska, np. na skutek wieloletniej przerwy w uprawie rośliny-gospodarza, np. lucerny. Zaprawy chemiczne jako substancje biologicznie aktywne mogą jednak wpływać niekorzystnie na przeżywalność bakterii brodawkowych wprowadzonych na nasiona, a tym samym na skuteczność zabiegu otoczkowania nasion szczepionkami. Z tego powodu w Zakładzie Mikrobiologii Rolniczej IUNG-PIB w Puławach od wielu lat prowadzimy badania nad doбором preparatów chemicznych najmniej szkodzących bakteriom symbiotycznym. Nasze najnowsze doświadczenia wykazały [II.B.15 i II.B.23], że preparatami o niewielkiej szkodliwości dla bakterii symbiotycznych grochu i soi są Vitavax i Timorex, ale zaprawione i zaszczerpione nasiona powinny być wysiewane możliwie jak najszybciej po zastosowaniu tych preparatów.

Podjęliśmy też badania nad efektywnością mieszanych szczepionek zawierających w swoim składzie bakterie symbiotyczne oraz bakterie z rodzaju *Azotobacter*, które są niesymbiotycznymi asymilatorami N<sub>2</sub>, a także nad różnymi technikami aplikacji szczepionek rizobiowych. Badania z mieszanymi szczepionkami, przeprowadzone w doświadczeniach wazonowych i poletkowych, wykazały korzystny wpływ *Azotobacter chroococcum* na brodawkowanie grochu, ale w warunkach polowych efekt ten nie miał istotnego odzwierciedlenia w plonach nasion [II.B.19]. W doświadczeniach poletkowych sposób aplikacji szczepionek rizobiowych (na nasiona lub doglebowo) nie miał istotnego wpływu na proces symbiozy w przypadku grochu i łubinu, ale na poletkach z soją lepsze efekty uzyskano przy doglebowym zastosowaniu preparatu bakteryjnego [II.A.5].

Szczepionki zawierające bakterie symbiotyczne roślin bobowatych produkowane są w wielu krajach, także w Polsce są one wytwarzane w firmie „Biofood” Wałcz w ramach współpracy z Zakładem Mikrobiologii Rolniczej IUNG-PIB. Nasza najnowsza współpraca zaowocowała wdrożeniem w powyższej firmie ulepszonej technologii produkcji „Nitraginy” [II.G.2].

Poza powyższymi głównymi nurtami badawczymi **aktualnie realizuję** także badania we współpracy z innymi jednostkami naukowymi oraz pracownikami IUNG-PIB, które dotyczą:

- oceny występowania oraz identyfikacji molekularnej bakterii z rodzaju *Azotobacter* [II.N.6]. Wyniki dotychczasowych badań jako współautorka prezentowałam w materiałach konferencyjnych na konferencji krajowej [II.J.84 – II.J.85]. Jestem także promotorem pomocniczym w przewodzie doktorskim Pani mgr Monika Kozieł (kierownika tegoż tematu) [III.K.1],
- zawartości aktywnych metabolitów wtórnych w nowych odmianach lucerny, szczepionych bakteriami korzeniowymi *Sinorhizobium meliloti* [II.N.7]. Wyniki dotychczasowych badań jako współautorka opublikowałam w materiałach konferencyjnych na konferencji krajowej [II.J.100],
- oceny oddziaływania biowęgla na produktywność roślin oraz właściwości fizyko-chemiczne i mikrobiologiczne gleby [II.N.8],
- identyfikacji molekularnej i biochemicznej bakterii endofitycznych i ich zastosowania w promowaniu wzrostu roślin [II.N.10]. Wymiernym efektem tych badań jest 1 rozdział w monografii naukowej w języku polskim [II.E.12]. Wyniki tych badań jako współautorka prezentowałam na krajowych konferencjach naukowych w formie 1 referatu [III.B.41] i 3 posterów [III.D.49 – III.D.51]. Wyniki tych badań jako współautorka opublikowałam także w 14 doniesieniach w materiałach konferencyjnych [II.J.57; II.J.58; II.J.62; II.J.70; II.J.71; II.J.86 – II.J.89; II.J.94 – II.J.96; II.J.106; II.J.120],
- wpływu długotrwałego stosowania słomy i obornika na obieg węgla organicznego, jakość próchnicy oraz żyzność i urodzajność gleb [II.N.11],
- mikrobiologicznego uwalniania fosforu przez bakterie ryzosferowe i ich charakterystyki molekularnej [II.N.12]. Wyniki tych badań jako współautorka prezentowałam na krajowych konferencjach naukowych w formie 2 referatów [III.B.40; III.B.45] i 1 posteru [III.D.69]. Wyniki badań jako współautorka opublikowałam także w 2 doniesieniach w materiałach konferencyjnych [II.J.113; II.J.124],
- ocena gleb użytkowanych rolniczo z uwzględnieniem prawidłowego funkcjonowania ekosystemów glebowych oraz wskazanie działań zapobiegających procesom degradacyjnym; temat realizowany w ramach współpracy w zadaniu 1.2 Programu Wieloletniego IUNG-PIB w latach 2016-2020 (kierownik zadania dr Jacek Niedźwiecki) [II.O.3],
- monitoringu różnych parametrów środowiska glebowego dla właściwej oceny WPR, temat realizowany w ramach współpracy w zadaniu 1.3 Programu Wieloletniego IUNG-PIB w latach 2016-2020 (kierownik zadania dr Bożena Smreczak [II.O.2],
- wpływu szybko rosnących drzew *Paulownia Clon In Vitro 112* (*P. elonagta* x *P. fortunei*) na właściwości mikrobiologiczne i fizyko-chemiczne gleb w warunkach Polski. Wyniki badań stały się podstawą do opracowania 1 publikacji naukowej [II.B.28]. Otrzymane wyniki badań prezentowałam również jako współautorka na krajowych konferencjach naukowych w formie 1 referatu [III.B.44] i 3 posterów [III.D.61; III.D.68; III.D.76]. Wyniki tych badań jako współautorka opublikowałam

także w 4 doniesieniach w materiałach konferencyjnych na konferencjach krajowych [II.J.109; II.J.116; II.J.126; II.J.127]. Ponadto w ramach realizacji powyższego projektu sprawuję także opiekę naukową ze strony IUNG-PIB nad Panią mgr Małgorzata Woźniak, która realizuje projekt NCN Preludium [III.K.3], promotor w projekcie prof. dr hab. Magdalena Frąc (IA PAN, Lublin),

- opracowania wzorców molekularnych do szybkiej identyfikacji dominujących bakterii zasiedlających różne środowiska glebowe, z wykorzystaniem techniki elektroforezy w gradiencie środka denaturującego (DGGE). W ramach realizacji powyższego projektu z dotacji MNiSW dla młodych naukowców sprawowałam w roku 2017 opiekę naukową nad Panem mgr Jarosławem Grządzielem, który przygotowuje swoją rozprawę doktorską dotyczącą strukturalnej różnorodności mikroorganizmów w różnych typach gleb [III.K.2],
- określenia wpływu koinokulacyjnego szczepienia koniczyny łąkowej (*Trifolium pratense*) *Azospirillum* spp. i *Rhizobium* na wzrost i brodawkowanie roślin w warunkach skażenia wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi. W ramach realizacji powyższego projektu z dotacji MNiSW dla młodych naukowców sprawowałam w roku 2017 opiekę naukową nad Panią mgr Karoliną Gawryjołek [III.K.4]. Otrzymane dotychczas wyniki badań prezentowałam jako współautorka na międzynarodowej konferencji naukowej w formie 2 prezentacji posterowych [III.C.33; II.C.34] oraz 2 komunikatów w materiałach konferencyjnych [II.I.33; II.I.34]. Byłam także współautorką 1 referatu wygłoszonego na konferencji krajowej [III.B.46] i 3 posterów [III.D.52; III.D.58; III.D.59]. Wyniki tych badań jako współautorka przedstawiłam także w 5 doniesieniach w materiałach konferencyjnych na konferencjach krajowych [II.J.54; II.J.99; II.J.103 - II.J.105],
- wpływu innowacyjnych kombinacji sorbentów doglebowych na aktywność biologiczną gleb zanieczyszczonych metalami. Wyniki tych badań jako współautorka prezentowałam w 2 komunikatach na międzynarodowej konferencji [II.I.19; II.I.20],
- badania w zakresie doboru odmian zbóż ozimych i ich przydatności dla przemysłu piekarskiego i makaronowego [II.M.4],
- badania dotyczące interakcji arbuskularnych grzybów mykoryzowych z roślinami i mikroflorą glebową. W ramach współpracy z Panią dr hab. Agnieszką Jamiołkowską z UP w Lublinie prowadzę badania, których wymiernym efektem są dwie publikacje naukowe z listy JCR [II.A.12; II.A.14],
- oceny zagrożenia systemu rzecznoego ze strony zanieczyszczeń odprowadzanych z oczyszczalni ścieków. Badania prowadziłam we współpracy z dr hab. Magdaleną Urbaniak (ERCE, Łódź) oraz dr hab. Edytą Kiedrzyńską (ERCE, Łódź). Wymiernym efektem tej współpracy jest 1 publikacja naukowa, której jestem współautorką [II.B.16]. W ramach współpracy z dr hab. Magdaleną Urbaniak prowadzimy badania w projekcie Juventus Plus (2015-2018) „Rola bakterii ryzosferowych oraz roślin z rodziny Cucurbitaceae w procesie usuwania toksycznych związków PCDD/PCDF [II.M.3].

**Od roku 2018** jestem także wykonawcą w trzech tematach badawczych, których tematyka dotyczy:

- oceny oddziaływania preparatów zawierających związki humusowe na żyzność gleby oraz plonowanie roślin [II.N.13],
- wpływu biowęgla na właściwości gleby oraz produktywność i jakość ziarna pszenicy ozimej i jarej [II.N.14],
- oceny jakości gleb użytkowanych rolniczo na podstawie zróżnicowania metabolicznego i genomowego profilu ich mikrobiomów oraz aktywności biologicznej przy zastosowaniu molekularnych i tradycyjnych metod środowiskowych [II.N.15].

**Ponadto od roku 2018** jestem także głównym wykonawcą w dwóch projektach BIOSTRATEG:

- „Opracowanie technologii innowacyjnych nawozów mineralnych wzbogaconych mikrobiologicznie”, (BIO-FERTIL), który będzie realizowany w latach 2018-2021 [II.M.5]. Jako główny wykonawca jestem odpowiedzialna za ocenę aktywności biologicznej gleb.
- „Nowe rozwiązania biotechnologiczne w diagnostyce, zwalczaniu i monitoringu kluczowych patogenów grzybowych w ekologicznej uprawie owoców miękkich”, (EcoFruits), który będzie realizowany w latach 2018-2021 [II.M.6]. Jako główny wykonawca jestem odpowiedzialna za ocenę aktywności biologicznej gleb pod ekologiczną uprawą truskawki.

W pracy naukowej staram się ciągle rozwijać swoje zainteresowania oraz podejmować wciąż nowe wyzwania. Aktywnie angażuję się we współpracę międzynarodową w zakresie opracowywania nowych projektów badawczych. Dotychczas uczestniczyłam jako wykonawca w dwóch projektach międzynarodowych dotyczących biologicznych metod rekultywacji terenów zanieczyszczonych pierwiastkami śladowymi [II.L.2] oraz oceny zagrożeń oraz korzyści wynikających z wprowadzania do gleb egzogenicznej materii organicznej [II.L.3]. W roku 2017 uczestniczyłam aktywnie w opracowaniu projektu w ramach Horyzont 2020 oraz byłam osobą koordynującą przygotowania ze strony IUNG-PIB. Tytuł projektu to “Reduced GHG Emissions and enhanced NUTrient CycLing within Agro-ecosystems (RENUCLEA). W lutym 2018 roku uczestniczyłam także w opracowaniu i złożeniu projektu „SOILDIVER: Conservation and promotion of soil micro and macro organisms to improve soil structural and functional biodiversity of agricultural lands”, w którym będę odpowiedzialna za ocenę bioróżnorodności strukturalnej i funkcjonalnej środowiska glebowego.

### **Podsumowanie wskaźników dokonań naukowych**

Mój dorobek naukowo-badawczy obejmuje 260 pozycji publikacyjnych, w tym m.in. 48 oryginalnych publikacji naukowych, 1 monografię naukową w języku polskim, 2 rozdziały w monografii w języku angielskim, 16 rozdziałów w monografii w języku polskim oraz 39 komunikatów z konferencji międzynarodowych oraz 130 komunikatów z konferencji krajowych. Warto podkreślić, że jestem autorką lub współautorką 20 oryginalnych prac twórczych i przeglądowych wydanych w czasopiśmie z IF. Z pośród 48 dotychczas opublikowanych oryginalnych prac twórczych i przeglądowych w 31 publikacjach jestem



pierwszym autorem i autorem korespondencyjnym. Aktualnie opracowuję kolejne prace naukowe. Mój całościowy dorobek naukowy (łącznie z cyklem prac stanowiącym osiągnięcie) według punktacji MNiSW, zgodnie z rokiem publikacji wynosi **721 punktów**. Spośród 260 pozycji publikacyjnych 18 opublikowałam przed obroną doktoratu.

Sumaryczny Impact Factor dla opublikowanych przeze mnie prac wynosi **20,742** (wszystkie opublikowane po uzyskaniu stopnia doktora), liczba cytowań według bazy Web of Science wynosi 36, a index Hirscha **4**, natomiast według bazy Scopus liczba cytowań wynosi 25, a index Hirscha **4**. W ciągu całego okresu pracy zawodowej brałam i nadal biorę czynny udział w realizacji 9 projektów, 15 tematów badawczych w ramach działalności statutowej IUNG-PIB oraz 3 zadań w ramach realizacji Programu Wieloletniego IUNG-PIB. W 3 projektach badawczych byłam lub jestem kierownikiem tematu lub zadania.

Podczas dotychczasowej pracy naukowej brałam czynny udział w 17 kongresach, sympozjach i warsztatach międzynarodowych [III.E.1 – III.E.17] oraz w 34 konferencjach i sympozjach krajowych [III.F.1 – III.F.34]. Łącznie w całej pracy zawodowej wygłosiłam 10 referatów na konferencjach międzynarodowych [III.A.1 – III.A.10], (wszystkie po uzyskaniu stopnia doktora) oraz 55 na konferencjach krajowych [III.B.1 – III.B.55], z czego 48 po uzyskaniu stopnia doktora. W roku 2015 zostałam zaproszona do wygłoszenia referatu plenarnego na konferencji naukowej odbywającej się na Litwie a dotyczącej degradacji gleb i jakości środowiska glebowego, organizowanego w ramach NJF Nordic Association of Agricultural Scientists Seminar [III.A.9; III.A.10]. Łącznie jako autor i współautor zaprezentowałam 39 prezentacji posterowych na konferencjach międzynarodowych (wszystkie po uzyskaniu stopnia doktora) [III.C.1 – III.C.39], oraz 77 prezentacji posterowych na konferencjach krajowych, z czego 72 po uzyskaniu stopnia doktora [III.D.1 – III.D.77]. Jestem także autorką i współautorką 17 raportów i sprawozdań naukowych [III.K.1 – III.K.17].

Uczestniczyłam łącznie w 28 szkoleniach, stażach i kursach, z czego w 27 po uzyskaniu stopnia doktora [III.U.1 – III.U.28]. Zakres tematyczny większości tych szkoleń dotyczył merytorycznych zagadnień w zakresie mikrobiologii środowiskowej i biologii molekularnej oraz wykorzystania nowoczesnych metod w badaniach rośliny i gleby. Zapoznałam się m.in. z zasadami identyfikacji genetycznej i metabolicznej bakterii i grzybów oraz wykorzystaniem narzędzi bioinformatycznych w analizie uzyskanych wyników. W celu podniesienia umiejętności opracowywania wyników badań uczestniczyłam także w 3 szkoleniach z zakresu analizy danych i statystyki [III.U.18; III.U.20; III.U.21]. Zdobyte doświadczenia mogłam wykorzystać zarówno w opracowywaniu wniosków projektowych, jak również w koordynowaniu badań prowadzonych pod moim kierunkiem w projektach badawczych i w działalności statutowej IUNG-PIB. W roku 2016 m. in. odbyłam staż w Instytucie Agrofizyki PAN w Lublinie, gdzie zapoznałam się z metodami oceny profilu metabolicznego gleb [III.U.23]. Podnosząc także swoje umiejętności kierowania zespołem ukończyłam szkolenie dla kadry menadżerskiej i kierowniczej [III.U.26]. Jestem także absolwentką Wyższej Szkoły Ekonomii i Innowacji w Lublinie, gdzie ukończyłam z wynikiem bardzo dobrym studia podyplomowe dla pracowników jednostek naukowych „Zarządzanie projektami badawczymi i pracami rozwojowymi” [III.U.6].

Aktywnie uczestniczyłam w pracach komitetów organizacyjnych 9 konferencji i warsztatów naukowych [III.G.1 – III.G.9]. Byłam przewodniczącą komitetu organizacyjnego 5 konferencji naukowych [III.G.1; III.G.3 – III.G.6], członkiem komitetu organizacyjnego 3

konferencji naukowych [III.G.7 – III.G.9] oraz pełniłam funkcję przewodniczącej sekretariatu I konferencji naukowej [III.G.2]. Jestem także współinicjatorką odbywających się od 2016 roku Ogólnopolskich Sympozjów Mikrobiologicznych „Metagenomy różnych środowisk”. W roku 2016 I Ogólnopolskie Sympozjum Mikrobiologiczne odbyło się pod moim przewodnictwem. Sympozja te organizuję corocznie wraz z przedstawicielami takich jednostek naukowych jak: IA PAN w Lublinie, KUL w Lublinie oraz SGGW w Warszawie.

Od 2004 roku jestem członkiem Polskiego Towarzystwa Mikrobiologów, Oddział w Puławach [III.W.1; III.W.2]. W kadencji 2012-2016 byłam członkiem zarządu Polskiego Towarzystwa Mikrobiologicznego Oddział w Puławach [III.W.3], a obecnie w kadencji 2016-2019 pełnię funkcję sekretarza tegoż towarzystwa [III.W.4].

W ramach swojej pracy naukowej współpracuję aktywnie z ośrodkami naukowymi w całym kraju [III.Q.1 – III.Q.15]. W ramach tej współpracy zostały podpisane przez mnie listy intencyjne i umowy o współpracy z takimi jednostkami jak: Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie (Katedra Fitopatologii i Mykologii oraz Katedra Ochrony i Kwarantanny Roślin), Instytut Agrofizyki im. B. Dobrzańskiego PAN w Lublinie, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy, Uniwersytet Rzeszowski (Katedra Produkcji Roślinnej) oraz Uniwersytet w Białymstoku (Zakład Genetyki i Ewolucjonizmu).

Staram się także prowadzić aktywnie współpracę międzynarodową. Obecnie współpracuję w ramach realizacji projektów oraz opracowania nowych projektów badawczych z takimi jednostkami jak: Agricultural Technology and Science and Genetisc, University of Castilla-La Mancha, Spain, Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Cottbus, Germany, Department of Agrifood Production and Environmental Sciences, University of Florence oraz European Agroforestry Federation (EURAF) [III.P.1 – III.P.7].

Wykonywane przez mnie badania mają także charakter aplikacyjny, co wiąże się z szeroką współpracą z przemysłem [III.R.1 – III.R.5]. W ramach badań dotyczących opracowania i wdrożenia szczepionek zawierających bakterie z rodzaju *Rhizobium* nawiązałam współpracę z takimi podmiotami jak: Zakład Przetwórczo-Uługowo-Handlowy „BIOFOOD s.c.” w Wałczu [III.R.2] oraz firma Mykoflor [III.R.4]. W ramach współpracy z przemysłem zostały podpisane przez mnie także listy intencyjne z takimi jednostkami jak: Instytut Maszyn Spożywczych Sp. z o.o. w Warszawie [III.R.1], Intermag Sp. z o.o. [III.R.3] oraz Bio-Sekwestracja Sp. z o.o. w Otrębusach [III.R.5].

Za „Wdrożenie do praktyki rolniczej nowych szczepionek zawierających bakterie symbiotyczne roślin bobowatych” otrzymałam wraz z zespołem wyróżnienie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi za osiągnięcia w zakresie wdrażania postępu w rolnictwie, rozwoju wsi, rynkach rolnych i rybołówstwie w roku 2016 [II.P.4]. Nową technologię wytwarzania preparatów dla roślin bobowatych pozwala zredukować do minimum możliwości zanieczyszczenia preparatu drobnoustrojami niepożądanymi. Technologia ta została wdrożona do produkcji w wytwórni Nitraginy „Biofood” w Wałczu (Instrukcja wdrożeniowa Nr 225). Jestem także współautorką powyższej instrukcji wdrożeniowej [II.G.2]. Szczepionki są szeroko wykorzystywane w praktyce rolniczej zarówno w rolnictwie ekologicznym (przy braku nawożenia mineralnego azotem), jak i w rolnictwie tradycyjnym.

Jako kierownik Zakładu Mikrobiologii Rolniczej jestem także od roku 2016 członkiem utworzonego w regionie Lubelskiego Klastra Biotechnologicznego [III.I.1].

W latach 2008-2017 wykonałam 23 recenzje artykułów naukowych dla czasopism o zasięgu międzynarodowym z listy JCR [III.S.1 – III.S.23] tj.: Polish Journal of Environmental Studies (2), Polish Journal of Microbiology (6), International Journal of Environmental Science and Technology (5), Applied Soil Ecology (1), Plant Soil and Environment (1), Acta Agriculturae Scandinavica, Section B (2), Chemical Engineering & Technology (1), Journal of Horticultural Research (1), Journal of Environmental Management (2), Acta Sci. Pol. Hortum Culturs (1) oraz Frontiers in Microbiology (1).

Zrecenzowałam także łącznie 24 artykuły do czasopism z kat. B. oraz monografii naukowych [III.T.1 – III.T.24] tj: International Journal of Environmental and Pollution, Acta Sci. Pol. Agriculturae, Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, Acta Agraria et Silvestria, Toxicological & Environmental Chemistry, Studia i Raporty IUNG-PIB, *Monografia „Badania i rozwój Młodych Naukowców w Polsce”*.

Na mocy uchwały Rady Naukowej IUNG-PIB w dniu 24.02.2016 r. zostałam wyznaczona na promotora pomocniczego w przewodzie doktorskim Pani mgr Moniki Koziół nt. „Ocena występowania i molekularnego zróżnicowania bakterii z rodzaju *Azotobacter* w glebach Polski” [III.K.1]. Jestem także współegzaminatorem wraz z prof. dr hab. Stefanem Martyniukiem przedmiotu „Biologia gleby” w ramach Studiów Doktoranckich IUNG-PIB [III.J.1].

Ponadto jestem opiekunem naukowym trójki pracowników Zakładu Mikrobiologii Rolniczej IUNG-PIB w Puławach, wykonujących badania w obszarze mikrobiologii środowiskowej i metagenomiki Pani mgr Małgorzaty Woźniak [III.K.3] oraz Pana mgr Jarosława Grządziela [III.K.2], jak również Pani mgr Karoliny Gawryjolek realizującej pod moją opieką projekt badawczy w ramach dotacji MNiSW dla młodych naukowców [III.K.4].

Podczas pracy naukowej przeszkoliłam także 7 studentów i stażystów, odbywających pod moim kierunkiem praktyki w Zakładzie Mikrobiologii Rolniczej [III.L.1 – III.L.7]. Byłam także opiekunem naukowym 12 uczniów szkół średnich przygotowujących pod moją opieką doświadczenia w ramach Ogólnopolskiej Olimpiady Biologicznej [III.M.1 – III.M.12]. Ponadto byłam opiekunem naukowym Pani mgr Anny Szczerby doktorantki UR w Krakowie, odbywającej w dniach 20-27.02.2017 r. w Zakładzie Mikrobiologii Rolniczej IUNG-PIB staż w ramach studiów doktoranckich [III.L.7]. Sprawowałam opiekę naukową podczas stażu Pani dr Agnieszki Wolińskiej (KUL Lublin), która przebywała w Zakładzie Mikrobiologii Rolniczej w dniach 21.06 – 05.07.2017 r. [III.L.6]. Prowadziłam także liczne wykłady dotyczące aktywności mikrobiologicznej gleby oraz ochrony bioróżnorodności gleb dla przedstawicieli Ośrodków Doradztwa Rolniczego [III.N.1 – III.N.4]. Prowadzę również cykliczne, coroczne wykłady dla studentów i uczniów szkół podstawowych i gimnazjum w ramach Lubelskiego Festiwalu Nauki [III.O.1 – III.O.15]. Udzieliłam także 3 wywiadów radiowych, promując badania mikrobiologiczne oraz działalność Zakładu Mikrobiologii Rolniczej IUNG-PIB [III.Y.3 – III.Y.5].

W mojej pracy zawodowej dwukrotnie otrzymałam wyróżnienie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi [II.P.4; II.P.7] oraz byłam laureatką nagrody za najlepszą prezentację ustną lub posterową na konferencjach naukowych [II.P.5; II.P.6].

W latach 2013-2015 aktywnie uczestniczyłam także w realizacji projektu infrastrukturalnego realizowanego w IUNG-PIB w Puławach. Projekt dotyczył wsparcia dla budowy i wyposażenia Innowacyjno-Naukowego Centrum Badań Rolniczych w Instytucie



Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach. W ramach tego projektu jako kierownik Zakładu Mikrobiologii Rolniczej byłam odpowiedzialna za opracowanie i wdrożenie koncepcji organizacji pracy w laboratorium mikrobiologicznym. Samodzielnie zaplanowałam zarówno układ pomieszczeń, jak również zakres ich wyposażenia, w tym wybór urządzeń i aparatury naukowo-badawczej. Sprawując nadzór merytoryczny oraz kreując profil badawczy Zakładu Mikrobiologii Rolniczej IUNG-PIB w Puławach, koordynuję obecnie pracą 16 osobowego zespołu. Moja inwencja twórcza oraz chęć rozwiązywania nowych problemów związanych z obszarem ochrony środowiska i mikrobiologii środowiskowej sprawia, iż moje zainteresowania naukowe oraz zakres badań wykonywanych w zakładzie są stale poszerzane. Dzięki mojemu zaangażowaniu zarówno zakres analiz, jak i wyposażenie w aparaturę naukowo-badawczą zostało istotnie zmienione. Jako kierownik zakładu **wprowadziłam** w profil badawczy nowe obszary i technik analiz tj: badania z zakresu biologii molekularnej, zróżnicowania genetycznego oraz identyfikacji mikroorganizmów glebowych. Obecnie profil badawczy kierowanego przeze mnie zakładu koncentruje się na następujących zagadnieniach:

- oceny różnorodności mikrobiologicznej gleb związanej z praktyką rolniczą i ochroną środowiska (Biolog EcoPlates),
- oceny różnorodności mikrobiologicznej gleb przeprowadzonej z wykorzystaniem techniki PCR DGGE,
- identyfikacji i charakterystyce profilu metabolicznego bakterii i grzybów (BIOLOG System),
- oceny różnych parametrów mikrobiologicznych, biochemicznych i ruchomych frakcji materii organicznej jako wskaźników żyzności i zdrowotności gleby oraz wpływu różnych zabiegów agrotechnicznych na te wskaźniki,
- określeniu zawartości glomalin w glebach Polski,
- praktycznego wykorzystania bakterii zdolnych do wiązania azotu atmosferycznego jak i bakterii symbiotycznych dla roślin bobowatych (NITRAGINA),

Tabelaryczne zestawienie moich osiągnięć w pracy naukowo-badawczej przedstawiłam szczegółowo w **załączniku 3**.

Puławy, dn. 12.03.2018 r.

*Anna Galęzka*