

AUTOREFERAT
POSTĘPOWANIE HABILITACYJNE
W DZIEDZINIE NAUK ROLNICZYCH, DYSCYPLINIE AGRONOMIA

DR MARTA DAMSZEL
KATEDRA ENTOMOLOGII, FITOPATOLOGII I DIAGNOSTYKI MOLEKULARNEJ
WYDZIAŁ KSZTAŁTOWANIA ŚRODOWISKA I ROLNICTWA
UNIwersytet WARMIŃSKO - MAZURSKI W OLSZTYNIE

OLSZTYN 2019

1. Imię i Nazwisko: **Marta Damszel**

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe:

2006 - **doktor nauk rolniczych w zakresie agronomii specjalność ochrona roślin**, dysertacja: ZDROWOTNOŚĆ PSZENICY OZIMEJ W ZALEŻNOŚCI OD SPOSOBU NAWOŻENIA AZOTEM I CHEMICZNEJ REGULACJI ZACHWASZCZENIA, Promotor prof. dr hab. Władysław Czajka, Recenzenci: prof. dr hab. Tomasz P. Kurowski - UWM w Olsztynie, prof. dr hab. Zbigniew Burgiel - AR Kraków

2001 – **magister biologii**, specjalność: nauczycielska, Wydział Biologii, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie; tytuł pracy magisterskiej: OBSERWACJE CYTOMORFOLOGICZNE NAD ROZWOJEM PYŁKU DAGLEZJI ZIELONEJ *PSEUDOTSUGA TAXIFOLIA* BRITT. Promotor: prof. dr hab. Irena Giełwanowska, Recenzent: prof. dr hab. Maria Dynowska

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych:

01.10.2001 r. -30.03.2006 r. **uczestnik studiów doktoranckich** UWM w Olsztynie, Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa

01.01.2007 r. – 01.04.2011 r. **specjalista naukowo-techniczny**; Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa w Katedrze Entomologii, Fitopatologii i Diagnostyki Molekularnej

01.04.2011 – aktualnie: **adiunkt** Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa w Katedrze Entomologii, Fitopatologii i Diagnostyki Molekularnej

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stop4,35niach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.):

a) Tytuł osiągnięcia naukowego:

WYKORZYSTANIE ANTAGONISTYCZNEJ ROLI MIKROORGANIZMÓW W INTEGROWANEJ OCHRONIE ROŚLIN

Osiągnięcie naukowe stanowi cykl pięciu powiązanych tematycznie oryginalnych prac naukowych opublikowanych w latach 2009-2018, z których cztery ukazały się w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports w roku wydania. Sumaryczny Impact Factor (zgodny z rokiem opublikowania) tych prac wynosi 5,24 a sumaryczna liczba punktów wg MNiSW - 114.

b) Wykaz publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe:

(przy publikacjach podano IF oraz punkty MNiSW z roku wydania, zgodnie z Komunikatem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego w sprawie wykazu czasopism naukowych).

P1. Wrzosek M., Ruszkiewicz-Michalska M., Sikora K., **Damszel M.**, Sierota Z. 2017. The plasticity of fungal interactions. *Mycological Progress* 16 (2): 101-108.

MNiSW₂₀₁₆ = 20 pkt

IF: 1.914

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na uczestnictwie w opracowaniu koncepcji pracy, na opracowaniu tekstu podrozdziału dotyczącego *The multifaced Trichoderma*, korekcie pracy w toku edycji po recenzji. Udział 20%.

P2. Damszel M., Wachowska U., Kowalska E. 2009. Interakcje patogen (*Fusarium*) - antagonist (Trichoderma) w warunkach stresu herbicydowego. Progress in Plant Protection 49(2): 851-855.

MNiSW₂₀₁₆ = 4 pkt

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu doświadczenia, zbiorze materiału w terenie, oznaczeniu zbiorowiska mikroorganizmów. Przygotowałam manuskrypt do druku, odpowiedzi na recenzje i ostateczną wersję pracy po recenzjach. Jestem autorem korespondencyjnym publikacji. Udział 90%.

P3. Przemieniecki S. W., Kurowski T. P., **Damszel M.**, Karwowska A., Adamiak E. 2017. Effect of Roundup 360 SL on survival of *Pseudomonas* sp. SP0113 strain and effective control of phytopathogens. Journal of Agricultural Science and Technology 19(6): 1417-1427.

MNiSW₂₀₁₆ = 30 pkt

IF: 0.890

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na uczestnictwie w opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu doświadczenia, zbiorze materiału w terenie, oznaczeniu grzybów towarzyszących uprawie metodami klasycznymi i molekularnymi oraz określaniu antagonizmu mikroorganizmów in vitro. Uczestniczyłam w edycji tekstu. Udział 30%.

P4. Przemieniecki S. W., Kurowski T. P., **Damszel M.**, Krawczyk K., Karwowska A. 2018 Effectiveness of the *Bacillus* sp. SP-A9 Strain as a Biological Control Agent for Spring Wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Agricultural Science and Technology 20(3): 609-619.

MNiSW₂₀₁₆ = 30 pkt

IF: 0.890

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na uczestnictwie w opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu doświadczenia wazonowego, oznaczeniu mikroorganizmów metodami klasycznymi i molekularnymi oraz udziale w określeniu interakcji mikroorganizmów w warunkach stresowych. Uczestniczyłam w edycji tekstu. Udział 30%.

P5. Sierota Z., **Damszel M.**, Borys M., Nowakowska J. A. 2016. The couch grass rhizome with *Heterobasidion annosum* fruiting bodies in afforested post-agricultural land. Forest Pathology 46 (4): 376-379.

MNiSW₂₀₁₆ = 30 pkt

IF: 1.547

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na uczestnictwie w opracowaniu koncepcji badań, uczestnictwie w pracach terenowych i laboratoryjnych oraz korekcie tekstu w toku edycji wydawniczej. Udział 40%.

c) omówienie celu naukowego ww. prac, wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Produkcję roślinną kształtuje wiele czynników, do których należą wzajemnie oddziałujące organizmy żywe wraz z abiotycznymi komponentami środowiska. Warunki pogodowe, zwłaszcza temperatura oraz wilgotność gleby i powietrza, w ostatnich sezonach wegetacyjnych potwierdzają wagę wpływu czynników nieożywionych na wydajność „laboratorium pod gołym niebem”. Przykładem takich zależności może być sezon 2015/2016, kiedy przy braku okrywy śnieżnej i zaledwie kilkudniowym drastycznym spadku temperatury, wystąpiły niekorzystne dla roślin warunki wegetacji. Formy ozime zbóż o średniej zimotrwałości, wymarzając, nie podjęły wiosennego wzrostu, a późnowiosenne przymrozki w 2017 roku znacznie spowolniły wegetację. Bardzo obfite opady towarzyszące okresowi żniw, a kolejno siewom ozimin i ich zimowaniu, uniemożliwiały z kolei wykonanie zabiegów agrotechnicznych i jesiennej ochrony roślin. Kompleksowa analiza wpływu czynników pogodowych na agroekosystemy jest wykorzystywana na szeroką skalę - od planowania terminu siewu w regionach, do mapowania możliwości infekcyjnych grzybów i skutków ekonomicznych zmian klimatycznych (Johansson i wsp. 2014). Czynniki środowiskowe wpływają również bezpośrednio na kompleks mikroorganizmów decydujących o kondycji roślin na polu oraz w okresie przechowywania ziarna. Sterują także strategią troficzną mikroorganizmów różnych grup ekologicznych oraz występującymi między nimi interakcjami.

Badania Celar (2003) nad współzawodnictwem o azot między grzybami antagonistycznymi i patogenami w środowisku glebowym wykazały, że grzyby antagonistyczne pobierały azot w formie amonowej w wysokich dawkach, w pierwszej fazie aktywności metabolizowały tę formę azotu znacznie szybciej od patogenów. Jedynie gatunek *Fusarium sambucinum* był zdolny do intensywniejszego w jednostce czasu pobierania azotu, niż *Trichoderma harzianum*. Z kolei inne patogeniczne gatunki rodzaju *Fusarium*, wykorzystywały azot azotanowy istotnie szybciej, niż saprotrofy. Grzyby: *Rhizoctonia solani* i *Sclerotinia sclerotiorum* w pierwszej kolejności wykorzystywały formę amonową, a kiedy ta forma azotu była ograniczona w podłożu, w cykl przemian biochemicznych włączały azotany. Grzyby patogeniczne rodzaju *Fusarium* wykorzystywały dwa źródła azotu równocześnie. Oznacza to, że gdyby azot był dostępny tylko w jednej z badanych form – grzyby *Fusarium* osiągnęłyby relatywną przewagę nad antagonistami.

Wiele izolatów grzybów reaguje wzmożonym formowaniem zarodników i chlamydospor, gdy koncentracja azotu wzrasta (Watanabe i wsp., 1987) lub pod wpływem stosowanych środków ochrony roślin. Dominująca w warunkach polowych aplikacja herbicydów może powodować selekcję mikroorganizmów, z czym koreluje zarówno zjawisko kompensacji inokulum w agrocenozach, jak również zmiana kierunków i nasilenia biochemicznych przemian organicznych i mineralnych składników gleby. Herbicydy nie są więc obojętne względem mikroorganizmów towarzyszących uprawie zbóż (Giesler 2015, Pantera 1972).

Ważnym czynnikiem decydującym o stanie zdrowotnym roślin jest dobór odmian z preferencją ich wysokiej odporności na patogeny i czynniki środowiskowe panujące w rejonie uprawy. Dobór odmian zalecanych w wybranym rejonie może ograniczyć straty plonu wynikające z niedostosowania roślin na poziomie ich zasobów genowych do warunków środowiskowych, ale także niwelować niekorzystne uproszczenia agrotechniczne - od spłycenia orki, przez ograniczenie liczby zabiegów, aż do eliminacji w uprawie zerowej. O wysokim udziale zbóż - głównie pszenicy ozimej - w ogólnej strukturze zasiewów oraz doborze tych roślin jako dominujących w uprawie, w warunkach krajowych decydują głównie wskaźniki ekonomiczne (GUS 2017). Wzajemne oddziaływania w relacjach: „roślina-mikroorganizmy-środowisko-czas” w agroekosystemie należy zatem rozpatrywać w skali makrozależności, i optymalizować dobór agrotechniki i odmiany w celu uzyskania wysokich plonów. W analizach, biomasy i cech grup ekologicznych mikroorganizmów towarzyszących uprawie zbóż czynnik ten nabiera na znaczeniu i jest ważnym w analizie indykatorów kształtujących ilościowo i jakościowo plon.

Na kształt interakcji w agrocenozach bezpośrednio modelujących kondycję roślin w okresie wegetacji wpływa również ograniczenie lub zaniechanie zmianowania i płodozmianu. Cykl płodozmianu wpływa nie tylko na wykorzystanie składników pokarmowych zdeponowanych w glebie, ale także na obieg materii i przepływ energii kumulowanej w resztkach poźniwnych oraz na dynamikę zbiorowisk drobnoustrojów (Ball i wsp. 2010). Analizując tę zależność jako czynnik kształtujący zdrowotność zbóż należy pamiętać o wzroście nasilenia chorób podstawy źdźbła czy aparatu asymilacyjnego, gdy na polu pozostawiamy pulę wspólnych żywicieli grzybów patogenicznych lub resztki poźniwne będące rezerwuarem form przetrwalnikowych grzybów patogenicznych (Linkmeyer i wsp. 2016).

Zbiorowisko mikroorganizmów współwystępujących w agroekosystemie tworzą m. in. grzyby i bakterie o zróżnicowanych cechach ekologicznych. Grupy funkcjonalne można dzielić według różnych kryteriów. Jak podaje Vega i wsp. (2018) podziału można dokonać uwzględniając: efekt szkód na roślinie żywicielskiej lub konieczność występowania żywicieli pośrednich w celu realizacji pełnego cyklu życiowego. Inny podział może uwzględniać sposób rozprzestrzeniania grzybów lub innych mikroorganizmów w celu zapoczątkowania infekcji, wzrostu i rozwoju na/w roślinie żywicielskiej. Biologiczne metody ochrony roślin do niedawna były rozpatrywane w kontekście gospodarowania ekologicznego, jednak wyjaśnienie wielu mechanizmów interakcji między mikroorganizmami różnych grup systematycznych oraz wskazanie, że optymalizowanie zabiegów chemicznej ochrony roślin może stymulować korzystne sprzężenia zwrotne w agroekosystemach na poziomie zbiorowisk mikroorganizmów, pozwoliło na szerokie wykorzystanie puli antagonistów bez wykluczania koniecznych zabiegów chemicznej ochrony roślin.

Celem prac osiągnięcia naukowego było zatem wskazanie dynamicznej roli mikroorganizmów w agroekosystemach, plastycznego charakteru zależności między antagonistami a patogenami oraz interakcji promujących zdrowotność roślin w warunkach

koniecznej w praktyce rolniczej ochrony chemicznej, ze szczególnym uwzględnieniem wpływu stosowanych herbicydów.

W pracy **P1**, wchodzącej w skład osiągnięcia, uwypuklono zdolności plastyczne grzybów, które są dominującymi czynnikami biotycznymi kształtującymi kondycję organizmów (w tym zdrowotność zbóż) na wielu poziomach organizacji funkcjonalnej. Ich morfotypy, powszechnie zachodzące zjawisko hybrydyzacji i poziomy transfer genów, a także wzajemne relacje z innymi mikroorganizmami, np. bakteriami sprawiły, że grzyby cechuje bardzo szerokie spektrum tolerancji na poziomie genetycznym, fizjologicznym i ekologicznym. Grzyby, dzięki efektywnemu aparatowi enzymatycznemu, w perfekcyjny sposób są zdolne do wykorzystania istniejących źródeł energii i plastycznego dostosowania się do zmian w środowisku. Chociaż powiązania między grzybami i innymi komponentami różnorodnych ekosystemów, w tym agroekosystemów, rzadko są jednoznaczne, to jednak odgrywają często swoistą rolę homeostatyczną aktywnie mobilizując lub destabilizując istniejące relacje troficzne wewnątrz- i między populacjami. Organizmy te reagują przy tym na zachodzące zmiany, także przez modyfikację ekspresji genów.

Plastyczność funkcjonalna i strukturalna grzybów może wyrażać się na różnych poziomach. W badaniach *in vitro* przedstawionych przez Whitelaw'a i in. (1999) grzyby obecne w ryzosferze korzeni pszenicy potrafiły rozpuszczać fosfor. Taka aktywność biologiczna świadczy o zdolności mikroorganizmów do solubilizacji nieorganicznego fosforanu, co skutkuje biostymulacją roślin i znacząco poprawia stopień odżywienia roślin i ich wzrost. Na przebieg procesu chorobotwórczego roślin wpływają natomiast oddziaływania między mikroorganizmami w obrębie ryzosfery i fyllosfery. Oddziaływanie antagonistyczne może występować w/najbardziej na samym gospodarzu lub w jego sąsiedztwie w przypadku organizmów saprotroficznych. Na wzrost mikroorganizmów wpływają określone odmiany i gatunki roślin, ale również wydzieliny tkanek transportowanych przez korzenie (Jacobs 2003). Prawidłowe oddziaływanie między organizmami w mikroryzosferze może podtrzymywać urodzajność gleby, a także regulować liczebność patogenów. Wyżej wymienione warunki można poprzez zrationalizowane nawożenie i optymalne stosowanie środków ochrony roślin oraz utrzymanie równowagi między saprotrofami, a pasożytami występującymi w agroekosystemach (Johansson i in. 2004).

Grzyby rodzaju *Trichoderma*, zaprezentowane w pracy **P1** stanowiącej osiągnięcie, opisano jako antagonistyczne w stosunku do patogenów, np. grzybów rodzaju *Fusarium*, ale także jako plastyczną formę oportunisty pokarmowego opierającego swój trofizm na żywych tkankach roślinnych. Grzyby rodzaju *Trichoderma* znane są jako mikroorganizmy o cechach antagonistycznych względem wielu patogenów roślin i utożsamiane z zastosowaniem w biologicznej ochronie roślin, promowanej w IPM. Powszechnie w ochronie roślin stosuje się szczepy *Trichoderma* w otwartych uprawach oraz pod osłonami, w celu ograniczenia nasilenia chorób roślin lub indukowania ich odporności (Butt i Copping 2000, Chetan i wsp. 2014). Synteza licznych enzymów umożliwia wielokierunkowe wykorzystanie *Trichoderma* w przemyśle spożywczym i paszowym, winiarskim i piwowarstwie, tekstylnym

i papierniczym, czy w produkcji bioetanolu (Galante i in. 1998 a, Galante i in. 1998 b). W preparatach biologicznych dominują szczepy *T. asperellum*, *T. viride*, *T. harzianum*, *T. atroviride*, których skuteczność w ograniczeniu symptomów chorób powodowanych przez mikroorganizmy rodzajów: *Fusarium*, *Pythium*, *Phytophthora*, *Alternaria*, *Sclerotinia*, *Botrytis*, i innych patogenów, potwierdzono w licznych badaniach *in vitro* w szerokim spektrum badanych żywicieli: pszenica, sosna, dąb burak, pieprz, pomidor (Tucci i wsp. 2011, Howell 2006, Patil 2012).

Uwzględniając wielokierunkowe interakcje w środowisku uprawnym roślin, w porównaniu do warunków *in vitro*, takich jak stosunek C:N w glebie oraz jej zasobność w fosfor i węgiel, wilgotność, odczyn, temperatura, promieniowanie UV, a także obecność innych mikroorganizmów, wielu autorów wskazuje na brak antagonistycznych cech rodzaju *Trichoderma* względem patogenów (Tanaka i wsp. 2005, Kredics i wsp. 2003) oraz limitowanie efektywności antagonisty w wyniku obecności innych czynników biologicznych oraz abiotycznych (Minchin i wsp. 2012, Regliński i wsp. 2008). Podkreślić należy, że wykorzystywane przez *Trichoderma* mechanizmy związane z produkcją kwasu harziniowego, glowiryny, alamentycyny, czy innych antybiotyków i enzymów, polegają na agresywnym zasiedlaniu wolnej niszy ekologicznej w toku infekcji. W interakcjach z roślinami indukcja odporności polega ponadto na aktywacji mechanizmów SAR (Systemic Acquired Resistance) i ISR (Induced Systemic Resistance), stąd doniesienia o kondycjonowaniu roślin po wprowadzeniu *Trichoderma* do uprawy (Sobolewski i wsp. 2013). Aktywność metaboliczna przedstawicieli rzędu Hypocreales opisywana jest także jako działalność partnera koewolucyjnych przemian między gospodarzem a patogenem, gdzie *Trichoderma* przyjmuje rolę „uzbrojonego” najemcy (Bettiol i Morandi 2008). Zdolność do ekspansywnego zasiedlania zróżnicowanych fizyko-chemicznie środowisk oraz odporność na toksyczne substancje środków ochrony roślin, w tym strategii wzmożonych podziałów grzybni i transferu transportera ABC (ATP-BINDING CASSETTE) nawet w subletalnych dawkach substancji aktywnych chemicznych środków ochrony roślin umożliwia przyjęcie różnych funkcji ekologicznych *Trichoderma* (Benitez 2004, Harman i wsp. 2004).

Niektóre gatunki *Trichoderma* wykorzystują grzyby mykoryzowe do zasiedlenia tkanek roślinnych, przez co są izolowane jako endofity, kolonizujące przestwory międzykomórkowe. *Trichoderma* zyskuje wówczas miano symbionta, ale z cechami oportunisty (Harman i wsp. 2004). Przejście tych grzybów od biotrofów do organizmów mutualistycznych i komensali na różnych poziomach troficznych jest zatem labilne. Współczesna genomika porównawcza potwierdza zmiany ewolucyjne w zakresie trybu życia tych grzybów, a porównanie ich puli genowej oraz patogenów należących do Ascomycetes wskazuje na możliwy transfer informacji genetycznej i białek efektorowych, które mogłyby zaburzyć status saprotrofa w kierunku patogena, stymulując tym samym reakcje biologii komórki gospodarza w toku infekcji roślin (Druzhinina i wsp. 2011).

W literaturze nauk medycznych udokumentowano i opisano inwazyjną rolę grzybów rodzaju *Trichoderma*, które wywoływały ostre infekcje rogówki, ucha zewnętrznego i płuc, a ich saprotroficzny tryb życia w tkankach ludzi został wykluczony (Chouaki i wsp. 2015). W kilku przypadkach

medycznych sprawcą o silnej presji patogenicznej był gatunek *T. longibranchiatum*, a autorzy podkreślają oportunistyczny charakter szczepów, które uprzednio opisywano jako niepatogeniczne. W piśmiennictwie dotyczącym mikrobiologicznej czystości pieczarkarni gatunkowi *Trichoderma aggressivum* (*T. harzianum* typ TH2) od dawna przypisywano cechy infekcyjne, a źródłem strat plonów pieczarki było podłoże fazy II, czyli fermentujące poprzedzające wysyp owocników. Weryfikacja teorii o słabym działaniu infekcyjnym *Trichoderma* po kolonizacji grzybnią pieczarki została zweryfikowana detekcją tego patogena w kompostowniach i w pieczarkarniach w różnej fazie produkcji oraz w łańcuchu transportu produktu do odbiorców. Gwałtowny, niemal inwazyjny rozwój grzybni *T. aggressivum* oznacza wysoki poziom konkurencji międzygatunkowej, a produkcja toksycznych metabolitów wtórnych w stanie lotnym degraduje inne mikroorganizmy, które mogłyby w naturze wykazać cechy antagonistyczne. Patogeniczny charakter przypisuje się także *T. viride* jako sprawcy zgnilizn cebul (Dighton i wsp. 2005).

Podsumowując warto podkreślić, że głównie w warunkach in vitro lub w korelacji z innymi mikroorganizmami uznanymi za pożyteczne, możliwa jest interpretacja ekologicznej roli *Trichoderma* jako saprotrofa o cechach antagonistycznych w stosunku do patogenów, zaś zdolność do produkcji licznych enzymów o szerokim spektrum działania oraz antybiotyków sprzyjające oportunistycznej naturze tego rodzaju gwarantuje im ekspansję środowiska. Możliwość przybierania elastycznej, a w naturze labilnej roli ekologicznej, stawia rodzaj *Trichoderma* na pograniczu mikroorganizmów wykorzystywanych w biologicznej ochronie roślin i groźnych patogenów. Praca **P1**, wydana w 2017 r., była już cytowana w 6 publikacjach.

W publikacji **P2**, wchodzącej w skład osiągnięcia, uwypuklono wpływ czynników zewnętrznych decydujących o przebiegu interakcji patogen - antagonist. Badania poprzedzone były licznymi obserwacjami zdrowotności pszenicy ozimej w warunkach polowych oraz analizą zbiorowiska grzybów ją zasiedlających. Choć powszechnie wiadomo, że w założeniach integrowanej ochrony roślin priorytetowym narzędziem jest prewencyjne wykorzystanie zasad prawidłowej agrotechniki, zmianowania czy nie chemicznych metod ochrony roślin przed patogenami, to jednak wiele czynników, takich jak dynamika przebiegu warunków pogodowych sprzyjająca rozwojowi organizmów chorobotwórczych, poziom nawożenia czy też ograniczenie zmianowania są determinantami stosowania chemicznej ochrony roślin. Herbicydy, jako najczęściej wykorzystywane chemiczne środki ochrony roślin, mogą wpływać na znajdujące się w środowisku grzyby patogeniczne i antagonistyczne modyfikując ilościowe i jakościowe stosunki biotyczne. Badania w warunkach laboratoryjnych skupiały się na określeniu wpływu stresu herbicydowego na charakter oddziaływania między grzybami saprotroficznymi rodzaju *Trichoderma* a patogenicznymi rodzaju *Fusarium*.

Porównanie oddziaływania grzybów *T. aureoviride* i *F. oxysporum*, wytypowanych i uzyskanych uprzednio z pszenicy ozimej, poddanych działaniu herbicydów wykazało, że MCPA - pochodna fenoksykwasów oraz tribenuron metylowy (związek z grupy pochodnych sulfonilomocznika) ograniczały wzrost tych mikroorganizmów. Stwierdzano niekorzystne dla równowagi biologicznej

oddziaływanie substancji aktywnych 2,4-D w formie soli dimetyloaminowej (związek z grupy fenoksykwasów) i fluroksypiryu wówczas, gdy wzrost antagonisty był ograniczony, a rozwój patogena stymulowany. Po aplikacji do pożywki florasulamu wraz z 2,4 D grzybnia *T. aureoviride* w obecności *F. oxysporum* reagowała wzmożonym wzrostem. Szczegółowa analiza wzrostu liniowego *T. aureoviride* wykazała, że wszystkie użyte w doświadczeniu substancje aktywne ograniczały wzrost antagonisty. Dłuższa ekspozycja w warunkach stresu wywołanego obecnością florasulamu, 2,4 D i fluroksypiryu w podłożu powodowała stabilizację wzrostu kultury. W 3., 4. i 5. dobie obserwacji wzrost grzybni był porównywalny z odnotowanym w obiekcie kontrolnym. Wiadomo (Jaworska, 2003), że zmiany wzrostu liniowego i aktywności biologicznej antagonistów: *T. koningii*, *T. viride*, zależą od rodzaju preparatu, jego stężenia oraz izolatu grzyba. Jako inhibitor wzrostu patogena najskuteczniejszy okazał się produkt zawierający MCPA. Ograniczenie wzrostu grzybni antagonisty (*T. hamatum*) oraz stymulację wzrostu patogena (*F. avenaceum*) obserwowano, gdy do podłoża aplikowano herbicydy: Mustang 306 SE, Starane 250 EC lub Aminopielik D 450 SL. Preparat Granstar 75 WG stymulował wzrost grzybni obu mikroorganizmów, natomiast przeciwnie działał Chwastox Extra 300 SL. Zachowaniu biologicznej równowagi w agroekosystemach może więc służyć regulacja zachwaszczenia upraw preparatem Mustang 306 SE i Granstar 75 WG. Szczegółowa analiza liniowego wzrostu *T. harzianum* potwierdza, że w obecności *F. culmorum* herbicydy Aminopielik D 450 SL, Chwastox Extra 300 SL i Starane 250 EC ograniczają wzrost naturalnego antagonisty. Badania zależności biotycznych w warunkach stresu wywołanego herbicydem wykazały, że najkorzystniejsze warunki homeostazy: stymulowanego wzrostu antagonisty *T. harzianum* i inhibicji wzrostu patogena *F. culmorum*, otrzymano po aplikacji mieszaniny florasulamu oraz 2,4-D. Utrzymanie dynamicznej równowagi jakościowej między patogenami i saprotrofami w agroekosystemach jest zatem możliwe poprzez optymalne nawożenie i właściwe stosowanie herbicydów (Johansson i wsp., 2004).

W monitoringu zdrowotności zbóż oraz badaniach *in vitro* dostrzeżono także rolę bakterii, których kolonie notowano w hodowli na sztucznym podłożu. Identyfikacja szczepu *Pseudomonas* o cechach PGP (Plant Growth Promoting) w wodzie wodociągowej oraz klasyfikacja profilu jego aktywności enzymatycznej sugerowała, że bakterie tego rodzaju mogą być biostymulatorami i mieć zastosowanie także w uprawach chronionych herbicydami. Z literatury wiadomo, że bakterie i grzyby, m. in. *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Trichoderma koningii*, *T. viride*, *Gliocladium catenulatum*, *G. roseum*, którymi zaprawiano nasiona grochu i fasoli, poprawiły zdrowotność i masę plonu, w porównaniu z obiektami kontrolnymi (Pięta 1998). Szczepy antagonistycznie aktywnych bakterii *B. subtilis* izolowano także z ryzosfery traw. W warunkach *in vitro* deformowały one grzybnie sześciu patogenicznych grzybów. Poddane działaniu bakterii grzyby wykazywały, bowiem anomalie morfologiczne strzępek oraz nieprawidłowo wykształcone zarodniki. Dyfuzyjna aplikacja preparatu z *B. subtilis* powodowała bardzo silny efekt inhibicyjny względem *Alternaria alternata*, *Cladosporium oxysporum*, *Fusarium oxysporum*, *Paecilomyces lilacinus*, *P. variotii*, *Pythium afertile* (Chaurasia i wsp. 2005).

Powyższe wyniki były przesłanką badań opublikowanych w **P3**, wchodzących w skład osiągnięcia, dotyczącego wpływu herbicydów na przeżywalność bakterii promujących wzrost roślin. Określono ich strategiczną przydatność w kondycjonowaniu roślin oraz możliwości łącznego stosowania w agroekosystemie wraz z herbicydami. Potencjał inhibicji w stosunku do patogenów zbóż oceniano określając minimalne stężenie hamujące preparatu Roundup 360 SL (glifosat) względem *Pseudomonas* sp. Przeprowadzono analizę ilościową bakterii, a tendencję zmian fizykochemicznych w podłożu mineralnym oceniano podczas długotrwałej ekspozycji na herbicyd. Ponadto, zweryfikowano antagonizm szczepu SP0113 przeciwko *F. culmorum* i *F. oxysporum* w warunkach stresowych spowodowanych aplikacją Roundup 360 SL. Wykazano, że stosowanie nierozcieńczonego i 2,6-krotnego rozcieńczenia prowadziło do zahamowania wzrostu badanego szczepu. *Pseudomonas* sp. SP0113 wykazał przeżywalność i odporność na zalecaną w praktyce dawkę Roundup 360 SL, co dowiodło, że utrzymanie zasad dobrej praktyki w zabiegach chemicznej ochrony roślin nie wyklucza promowania puli mikroorganizmów o cechach antagonistów względem patogenów zbóż.

Możliwość rozwoju bakterii na pożywce Tryptic Soy Agar (TSA) wskazywała na pozytywną rolę kofaktorów, takich jak: adiuwant, pH, potencjał redoks (mV) lub zasolenie podłoża, w utrzymaniu cech promotora. Dynamika parametrów fizycznych może ponadto wynikać z reakcji substancji czynnej herbicydu ze składnikami mineralnymi deponowanymi w sztucznym podłożu, a w agroekosystemie - w glebie. Należy podkreślić, że wysokie zasolenie środowiska powstające w wyniku reakcji ze składnikami zawartymi w środowisku, jest charakterystyczne dla stężenia herbicydu wyższego, niż zalecane w praktyce. Stwierdzono także, że glifosat wraz z aktywnością szczepu *Pseudomonas* SP0113 ogranicza wzrost grzybów *Fusarium*. Praca **P3**, wydana w 2017 r., była już cytowana w innej publikacji.

Kontynuacja rozważań i badań realizowanych *in vitro* skłaniała do prowadzenia doświadczeń zbliżonych do polowych, w których pod presją wielu czynników środowiskowych występujących w naturalnym środowisku mogłaby być bliższa praktyce rolniczej oraz dawałaby wskazówki do realizacji integrowanej ochrony zbóż. Nadrzędnym celem badań prezentowanych w pracy **P4** wchodzącej w skład osiągnięcia naukowego było określenie polifunkcjonalności mikroorganizmów towarzyszących pszenicy zwyczajnej, formie jarej, ze szczególnym uwzględnieniem bakterii rodzaju *Bacillus* jako narzędzia integrowanej ochrony roślin. Bakterie rodzaju *Bacillus* są popularnym środkiem biologicznej ochrony przed patogenami. Wytwarzają antybiotyki eliminując fitopatogeny i są zdolne przetrwać w niekorzystnym środowisku w postaci zarodników (Zhao i wsp. 2014). Bakterie *Bacillus* produkują również enzymy lityczne, takie jak chitynaza i celulaza, które rozkładają ściany komórkowe patogenów (Ashwini i Srividya, 2013). Bakterie *Bacillus* są także odporne na ekstremalne temperatury, wahania odczynu gleby i warunków osmotycznych, co zapewnia im przewagę nad innymi mikroorganizmami (Islam i wsp., 2012, Kumar i wsp., 2014).

Celem badań była ocena antagonistycznych właściwości szczepu *Bacillus* SP-A9 spokrewnionego z *Bacillus subtilis* przeciw *F. culmorum* i *F. oxysporum* oraz wykazanie stymulacji efektu plonotwórczego pszenicy jarej po aplikacji bakterii. Badany szczep SP-A9 wykazał właściwości

fungistatyczne w analizach laboratoryjnych. Stopień (procent) hamowania fitopatogenów *Fusarium culmorum*, *F. oxysporum* i *Monographella nivalis* był podobny dla wszystkich badanych izolatów. Stwierdzono, że analizowany szczep jest celulolityczny i silnie chitynolityczny, a jego biochemiczne właściwości wskazują, że łatwo przystosowuje się do różnych warunków środowiskowych. Zdolność do zarodnikowania i wysoka szybkość proliferacji w środowiskach kwaśnych, alkalicznych i silnie solnych (9% NaCl) potwierdziły jego zdolność adaptacji do niesprzyjających warunków. W doświadczeniu wazonowym podstawowe parametry biometryczne ziarna pszenicy jarej, inokulowanej *Bacillus* sp. SP-A9, nie były zmodyfikowane w stosunku do kontroli, zaobserwowano jednak istotny wzrost plonu ziarna nawet po ekspozycji pszenicy jarej na patogen: o 18% w glebie skażonej *F. culmorum* i o 19% w glebie skażonej *F. oxysporum*. Wzrost wydajności był skorelowany z obsadą pszenicy, co sugeruje, że analizowany szczep zminimalizował indukowane przez patogena hamowanie cech biometrycznych zbóż. Dowiedziono zatem, że *Bacillus* sp. SP-A9 może zmniejszyć straty ekonomiczne wynikające z nasilania objawów chorób wywołanych przez grzyby rodzaju *Fusarium*. Praca **P4**, wydana w 2018 r., była już cytowana w innej publikacji.

Uwzględniając plastyczne interakcje między mikroorganizmami w środowisku uprawnym roślin rolniczych warto wskazać ich potencjał wynikający ze zróżnicowanych form morfologicznych. Strzępki, jako podstawowe elementy struktury grzybów, mogą penetrować środowisko w szerokim zakresie. Dowodem jest największy osobnik opisany na świecie reprezentujący Fungi - *Armillaria ostoyae*, a będący groźnym patogenem drzew leśnych powodującym opieńkową zgniliznę korzeni. Zagrożenie kondycji drzew przez *Armillaria* wraz innym patogenem korzeni – *Heterobasidion* spp. notuje się również w klimacie umiarkowanym. W latach 1946–1990, po szeregu zmian historycznych w Polsce, zalesiono ponad 1,3 mln hektarów gruntów, w tym także gleb uprzednio użytkowanych rolniczo, co podniosło o 5,3% lesistość kraju. Lata dziewięćdziesiąte ubiegłego wieku przyniosły rolnictwu nowe wyzwania, wynikające z zagospodarowania gruntów po zlikwidowanych państwowych gospodarstwach rolnych, łagodzeniem skutków strukturalnego bezrobocia na obszarach wiejskich, jak również poprawą dochodowości produkcji roślinnej i zwierzęcej w związku z otwarciem polskiego rynku dla nadwyżek produkcyjnych żywności z Unii Europejskiej. Konieczność kompleksowego uregulowania tych zagadnień ponownie skierowała uwagę na zalesienia gruntów jako narzędzie polityki rolnej i środowiskowej. W efekcie podjętych działań Rada Ministrów przyjęła w 1995 roku Krajowy Program Zwiększania Lesistości (Ustawa o lasach 1991; Puchniarski 2000; Krajowy Program Zwiększania Lesistości 2003). Zakładał on zalesienie 750 tys. ha do 2020 roku i osiągnięcie 30% lesistości oraz zalesienie 1500 tys. ha do 2050 roku, co miało skutkować 33% udziałem terenów leśnych w powierzchni kraju.

Ważnym zagadnieniem, szczególnie w obrębie terenów zalesianych, a niegdyś użytkowanych rolniczo, jest zdrowotność drzewostanu. Wśród wielu czynników zaburzających dynamiczną równowagę ekosystemów leśnych należy wymienić czynniki abiotyczne i biotyczne. Wzajemne ich oddziaływanie może decydować o trwałości produkcji i jakości drewna oraz o długości okresu

wykorzystania drzewostanu m. in. na cele nasienne, a pośrednio również o hodowlanej wartości potomstwa z jego nasion. Wiadomo, że wśród typowanych do uznania jako drzewostany nasienne nie może być luk powstających w wyniku porażenia korzeni drzew przez korzeniowca lub opieńki, większej liczby drzew z oznakami raka czy z obwarem, z koronami prześwietlonymi przez szkodniki owadzie lub ze strzałami o zastępczych wierzchołkach po śniegłomach. Niekorzystne czynniki meteorologiczne, takie jak susze, prowadzą do osłabienia drzew, a w konsekwencji do ich większej podatności na infekcje grzybami (Drenkhan i Hanso 2004; Hill i wsp. 2005; Bendel i wsp. 2006, Sierota 1997). Uważa się, że czynnikiem inicjującym powstawanie luk są grzyby lub owady oraz interakcje między nimi (Lundquist 2000, Lewis et Lindgren 2002), natomiast czynnikiem odpowiedzialnym za ich poszerzanie się są zazwyczaj patogeny grzybowe (Worrall i wsp. 2005). Na zalesianych gruntach, uprzednio wykorzystywanych rolniczo, nie istnieją optymalnie wykształcone dynamiczne procesy samoregulacyjne decydujące o interakcjach między mikroorganizmami o cechach patogenów a ich antagonistami, jakie występują w glebach tradycyjnie leśnych. Dowód na zachwianie równowagi biologicznej na terenach porolniczych zaprezentowano w publikacji **P5**, gdzie oceniając kondycję sosny zwyczajnej zidentyfikowano na kłaczach *Elymus repens* grzyb powodujący rozkład biały jamkowaty drewna. Drzewostan sosnowy rósł na siedlisku z niskim poziomem oddziaływań antagonistycznych, w tym słabo wykształconej obligatoryjnej symbiozy mykorytycznej. Patogen został zidentyfikowany na roślinie zielnej zawleczonej niemal jako chwast typowy agroceozom. Grzyb *Heterobasidion annosum* zidentyfikowano w i na powierzchni kłacza perzu właściwego przy użyciu markerów molekularnych. Chwast rósł w pobliżu drzewa z objawami infekcyjnymi choroby - huby korzeni. Analiza rDNA wykazała 100% podobieństwa sekwencji pomiędzy dwiema sekwencjami *H. annosum* z ITS1 i ITS2 uzyskanymi z owocników znalezionych na rozłogach trawy oraz korzeniach sosny zwyczajnej. Wyniki te potwierdziły ścisły związek, także filogenetyczny, między izolatami *H. annosum*. Analiza wyników badań dowodzi, że grzybnia *H. annosum* w warunkach gleb o ograniczonym udziale grzybów konkurencyjnych i antagonistycznych w stosunku do patogenów, może infekować kłacza perzu właściwego, a następnie tworzyć owocniki będące źródłem infekcji pierwotnych sosny zwyczajnej. Analogią takiego zjawiska w agroekosystemach jest zaniechanie zabiegu ograniczającego frekwencję chwastów i zwiększającego nasilenie chorób, takich jak mączniak prawdziwy zbóż i traw, którego inokulum znajduje się na chwastach należących do traw. W tym aspekcie w agroekosystemach, czy na gruntach zalesionych, usuwanie żywicieli pośrednich będących bazą troficzną form ecjalnych rdzawnikowców ma szerokie uzasadnienie. Wyniki osiągnięcia **P5** sugerują również, że zagrożenie zdrowotności roślin należy rozpatrywać w szerokim zakresie plastycznych interakcji między mikroorganizmami a roślinami żywicielskimi w ekosystemach.

Podsumowując zakres, cel i możliwości wykorzystania wyników osiągnięcia naukowego warto podkreślić, że zdrowotność roślin należy rozpatrywać z uwzględnieniem wielopłaszczyznowych zależności w makroskali agrocenozy kształtowanej agrotechniką oraz postępem biologicznym. Należy także brać pod uwagę mikrozależności wynikające z plastycznie zachodzących interakcji między

organizmami patogenicznymi, np. *Fusarium* oraz ich antagonistami: *Trichoderma*, *Bacillus*, *Pseudomonas* a rośliną. Wskazaniem praktycznej, integrowanej ochrony roślin jest zatem wykorzystywanie oddziaływań antagonistycznych grzybów rodzaju *Trichoderma* oraz bakterii *Pseudomonas* i *Bacillus* w uprawie, na przykład pszenicy, bez konieczności rezygnacji z podstawowych zabiegów chemicznej ochrony roślin, ale z preferencją substancji aktywnych stymulujących konkurencyjną rolę mikroorganizmów w stosunku do patogenów rodzaju *Fusarium*.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

Właściwy tok mojej aktywności zawodowej związanej bezpośrednio z ochroną roślin rolniczych, rozpoczął się pod kierunkiem prof. dr hab. Władysława Czajki, który konsekwentnie wdrożył mnie w diagnostykę mikroorganizmów zasiedlających ziemniak oraz pszenicę ozimą w okresie wegetacji i przechowywania. W początkowym okresie rozwoju zawodowego działalność naukowa opierała się głównie na metodach klasycznych oceny zdrowotności roślin, zarówno podczas prac polowych, jak i laboratoryjnych. Doświadczenie zdobyte w ówczesnej Katedrze Fitopatologii i Entomologii, kolejno na stanowisku specjalisty naukowo-technicznego, a następnie starszego specjalisty w Zespole Entomologii pozwoliły na szerokie spojrzenie na diagnostykę nie tylko fitopatogenów, ale także rolę entomofauny szkodliwej i pożytecznej, co ma odzwierciedlenie w dorobku publikacyjnym. Kolejne kompetencje w zakresie ochrony roślin zdobywałam i doskonaliłam na stanowisku adiunkta pod kierunkiem prof. dr hab. Tomasza P. Kurowskiego kontynuując badania nad zdrowotnością zbóż i precyzując tematykę badawczą w kierunku ilościowej i jakościowej analizy zbiorowisk mikroorganizmów towarzyszących produkcji zbóż z uwzględnieniem mikroorganizmów o cechach antagonistycznych względem patogenów. W perspektywie rozwoju naukowego rozszerzyłam warsztat badawczy o techniki diagnostyki molekularnej stosowane w fitopatologii. Wraz z poszerzeniem oferty edukacyjnej macierzystego wydziału o kierunek leśnictwo podjęłam współpracę naukową i dydaktyczną z prof. dr hab. Zbigniewem Sierotą, co odzwierciedlają prace podejmujące problematykę stanu zdrowotnego drzew, ze szczególnym uwzględnieniem sprawców chorób korzeni rodzaju *Armillaria* i *Heterobasidion*. To nowe otwarcie na tematykę leśnictwa i fitopatologii leśnej ułatwiły mi ukończone studia podyplomowe z hodowli lasu zrealizowane na Wydziale Leśnym UP w Poznaniu.

Spójnie z przebiegiem pracy zawodowej w dorobku naukowym wyróżniam następujące obszary badawcze:

1. Zdrowotność wybranych roślin rolniczych w zależności od systemu gospodarowania, nawożenia i ochrony roślin:
 - a) ziemniaka w okresie wegetacji
 - b) zbóż: pszenicy zwyczajnej, orkiszowej, pszenżyta, jęczmienia, żyta, owsa
 - c) łubinu żółtego

- d) traw: tymotki, życicy trwałej
- 2. Entomofauna szkodliwa i pożyteczna w agrocenozach i urbicenozach
- 3. Zbiorowiska mikroorganizmów zasiedlających drzewa leśne.

1. Zdrowotność wybranych roślin rolniczych w zależności od systemu gospodarowania i ochrony roślin

a) Analizy zdrowotności ziemniaka w okresie wegetacji były podyktowane pełnieniem przez ten gatunek istotnej roli w gospodarce żywieniowej społeczeństwa, jak i innych cech uwzględniających różnorodne właściwości prozdrowotne i funkcjonalne. Małe wymagania glebowo-klimatyczne i łatwa uprawa ziemniaka, połączona z nieskomplikowanym procesem pozyskiwania skrobi, czynią go bardzo atrakcyjnym produktem. Zwiększenie wartości odżywczej ziemniaka i jego odporności na czynniki patogeniczne było efektem, między innymi, stosowania regulatorów wzrostu i nawozów dolistnych zawierających makro- i mikroskładniki. Mają one bowiem wpływ m.in. na gospodarkę azotową roślin, aktywację i kontrolę wielu procesów życiowych. Aplikacja ich w uprawie ziemniaka stanowi odpowiedź na rosnące potrzeby konsumentów w stosunku do cech jakościowych płodów rolnych. Kondycja ziemniaka w okresie wegetacji ma bezpośredni wpływ na stan zdrowotny jego bulw, dlatego w badaniach nad wpływem nawożenia mineralnego na mikroorganizmy w środowisku uprawnym ziemniaka – w związku z nasileniem występowania zarazy, alternariozy i czarnej nóżki ziemniaka w zależności od nawożenia mineralnego wskazano, że wysokie dawki NPK aplikowane doglebowo stymulują porażenie ziemniaka przez *Phytophthora infestans*, *Colletotrichum coccodes*, *Tenatephorus cucumeris* oraz *A. alternata* i *A. solani* (D.17, D.18, D. 19, D. 20). W kolejnych latach badań podkreślono, że porażenie przez *Erwinia* - sprawcę czarnej nóżki - zależy przede wszystkim od warunków pogodowych, z uwagi na nasilanie się objawów wraz ze wzrostem ilości opadów atmosferycznych (B.2.34). Wykazano, że aplikacja doglebowa NPK wraz z magnezem ogranicza nasilenie zarazy ziemniaka i alternariozy efektywniej, niż zastosowanie nawozów dolistnie (D.17, D.18, D. 19, D. 20, B.2.29, B.2.31-35).

Duży wpływ na zdrowotność ziemniaków mają nie tylko warunki pogodowe w czasie wegetacji, ale i odmiana oraz stosowane zabiegi agrotechniczne i nawożenie azotem. Choroby bulw ziemniaka w znacznym stopniu pogarszają ich wartość handlową, stąd metody chemicznego ograniczania nasilenia objawów chorób w uprawie i okresie przechowywania często łączy się z metodami biologicznymi. Integrowane metody ochrony ziemniaka przed patogenami z użyciem: 1) ochrony biologicznej – mykoryzowego grzyba *Glomus* spp. inokulowanego na korzenie i bulw chronionych preparatem Polyversum oraz 2) ochrony chemicznej fungicydami: Infinito 687.5 S.C., Tanos 50 WG, Valbon 72 WG, badano na bardzo wczesnej odmianie ziemniaka 'Rosara'. Przeanalizowano skład zbiorowisk grzybów zasiedlających łodygi ziemniaka, a także fungistatyczne właściwości produktów stosowanych w doświadczeniu polowym, weryfikując wyniki w teście *in vitro*. Objawy zakażeń wywołanych przez

P. infestans i *Alternaria* spp. zostały znacznie ograniczone, gdy stosowano zintegrowaną ochronę chemiczną i biologiczną. Najmniej zróżnicowane zbiorowisko grzybów wyizolowano z roślin traktowanych jedynie fungicydami. W teście *in vitro* fungicydy we wszystkich analizowanych stężeniach hamowały liniowy wzrost grzybni wybranych patogenów. Stosowane w eksperymencie grzyby hamowały liniowy wzrost grzybni wybranych grzybów patogenicznych, a ich aktywność fungistatyczna była proporcjonalna do zastosowanego stężenia inokulum (D.4).

W doświadczeniu dotyczącym ostropestu nawożonego NPK i magnezem dostrzeżono zmienne oddziaływanie nawożenia mineralnego na zbiorowisko grzybów zasiedlających tę roślinę. Na strukturę ilościową i jakościową zbiorowiska grzybów zasiedlających łodygi ostropestu miały także wpływ warunki pogodowe w okresie wegetacji. Potencjalne patogeny wyizolowano z łodyg tej rośliny w wysokiej frekwencji, a dominującym gatunkiem był grzyb *A. alternata*. Inne grzyby chorobotwórcze występowały rzadziej (*Fusarium* spp.) lub ich niski udział (*Rhizoctonia* spp., *B. cinerea* i *Phoma* spp.) miał marginalne znaczenie w kondycji roślin. Grzyb *A. alternata*, w przeciwieństwie do gatunków rodzaju *Fusarium*, był częściej izolowany, gdy ostropest zasilano dodatkowym nawożeniem Mg oraz magnezem z borem, niż w przypadku nawożenia wyłącznie NPK. W odpowiedzi na rosnące tempo nawożenia azotem wydajność plonu niełupek ostropestu plamistego znacznie wzrosła (A8).

b) Zgodnie z założeniami integrowanej produkcji pszenicy podstawowym elementem kształtującym parametry plonowania jest poprawnie skonstruowany płodozmian, który określa udział zbóż w zmianowaniu na poziomie 50-66%. Również prawidłowa agrotechnika oraz przedplon pszenicy ozimej są elementami wpływającymi na wielkość zbioru ziarna. Z badań własnych wynika, że doborem odmiany oraz właściwymi proporcjami nawożenia zbóż można dodatkowo modelować plonowanie wskazując warunki optymalne dla zachowania wysokiej zdrowotności roślin. Poszukiwanie optymalnych zależności między składowymi agrocenoz stwarza możliwość uzyskania plonów gwarantujących konsumentom bezpieczeństwo żywnościowe. Produkcja konwencjonalna zakładała intensyfikację rolnictwa i w rezultacie prowadziła do ograniczenia różnorodności biologicznej w strukturze zasiewów, co bezpośrednio wpływało na ubożenie siedliska oraz ograniczało interakcje roślin uprawnych z mikroorganizmami zapewniającymi regulację liczebności patogenów.

Kompensacja grzybów chorobotwórczych w środowisku uprawnym i redukcja mikroorganizmów antagonistycznych w glebie ma odzwierciedlenie w nasilaniu objawów chorób roślin. W uprawie zbóż dużym zagrożeniem kondycji podstawy źdźbła są grzyby rodzaju: *Fusarium*, *Oculimacula* i *Rhizoctonia* (D.12). Stosowanie chemicznych środków ochrony roślin częściowo niweluje szkodliwość patogenów roślin, ale jednocześnie wywiera negatywny wpływ na środowisko. Dlatego też, alternatywą jest ekologiczna produkcja żywności. Wiadomo, że aktywność mikroorganizmów w środowisku glebowym w systemie ekologicznym jest niewystarczająca i nie na tyle korzystna, aby zabezpieczyć rośliny przed

patogenami grzybowymi. Dzieje się tak szczególnie w okresie przestawiania gospodarstwa na produkcję metodą ekologiczną, kiedy podejmuje się próby nadania glebie wysokiej aktywności biologicznej. W okresie prowadzonych badań kompleksowo analizowałam zdrowotność zbóż w okresie konwersji oceniając nasilenie chorób korzeni, liści, podstawy źdźbła i kłosów oraz zbiorowiska mikroorganizmów towarzyszących uprawie zbóż (**D.5, D.6, D.10**). W pracach badawczych wykazano, że okres konwersji stanowi etap wzbudzania naturalnej odporności roślin uprawnych przez kształtowanie nowych zależności między mikroorganizmami zasiedlającymi agrocenozy. Chemiczna ochrona roślin skutecznie obniża nasilenie chorób aparatu asymilacyjnego oraz korzeni pszenżyta ozimego, natomiast naturalne sprzężenia zwrotne w agroekosystemie uprawianym metodą ekologiczną pozytywnie wpływają na zdrowotność podstawy źdźbła. Podczas przestawiania produkcji roślinnej z konwencjonalnej na ekologiczną notuje się wyraźne zmiany w nasileniu występowania poszczególnych chorób. Dlatego też należy monitorować i przewidywać skutki selekcji mikroorganizmów glebowych, ponieważ może łączyć się z tym kompensacja zarówno rozwoju antagonistów, jak również patogenów. W ocenie stanu zdrowotnego pszenicy jarej uprawianej w systemie ekologicznym i konwencjonalnym wnioskowano, że dominującymi chorobami podsuszkowymi pszenicy jarej były zgorzel korzeni i fuzaryjna zgorzel podstawy źdźbła. Eudominantami zbiorowisk grzybów zasiedlających korzenie i podstawę źdźbła pszenicy jarej były grzyby rodzaju *Fusarium*, zaś *Bipolaris sorokiniana* i *Aureobasidium pullulans* częściej izolowano z korzeni i podstawy źdźbła pszenicy uprawianej w systemie ekologicznym, niż konwencjonalnym (**D.8, D.9**).

W monitoringu zdrowotności pszenżyta ozimego dostrzeżono, że nasilenie chorób korzeni, podstawy źdźbła i aparatu asymilacyjnego może być zróżnicowane w poszczególnych latach i zależne od warunków atmosferycznych, a konwersję można uznać za istotny moment w kształtowaniu nowych zbiorowisk drobnoustrojów. Potwierdza to wysoką mobilność i plastyczność grzybów patogenicznych i saprotroficzných w zasobach glebowych, szczególnie wyraźnie inicjowane w okresie konwersji (**D.6**).

W innych badaniach (**D.2, D.10**) stwierdzono, że aktywność biologiczna gleby była ważnym czynnikiem stymulującym zdrowotność korzeni żyta ozimego. Z gleby uprawy monokulturowej żyta uzyskano dwa szczepy bakterii: *Serratia fonticola* ART-8 i *Pseudomonas putida* ART-9, które nie miały zdolności inhibicyjnych względem wzrostu *F. culmorum* i *F. oxysporum*, ale zastosowane kolejno w uprawie pszenicy jarej decydowały o poprawie biometrii kłosów i wyższym wskaźniku MTZ, w stosunku do kontroli. W charakterystyce bakterii wykazano, że szczep *S. fonticola* produkował więcej chitynazy, niż szczep *P. putida*, zaś *P. putida* produkował więcej celulazy, lipazy, HCN i fluorescencyjnych sideroforów. Ten ostatni gatunek solubilizował także więcej fosforanów i był producentem piroliny. Oba szczepy bakterii nie wytwarzały kwasu indoloocetowego (IAA) oraz nie syntetyzowały na podłożu CAS sideroforów (**D.2**). Ponadto, potencjał cech fitosanitarnych żyta jako ekstensywnego zboża, zwłaszcza w stosunku do mikroorganizmów patogenicznych podstawy źdźbła rodzaju *Fusarium* był wystarczający w konwencjonalnej metodzie gospodarowania, gdzie nie stosowano chemicznej ochrony przed patogenami, a stwierdzono niższe nasilenie fuzaryjnej zgorzeli

podstawy źdźbła w porównaniu do uprawy ekologicznej. Uwzględniając kompleks czynników kształtujących skład jakościowy i ilościowy mykobioty żyta ozimego zauważono, że system gospodarowania nie miał jednoznacznego wpływu na nasilenie objawów łamliwości podstawy źdźbła oraz rdzy brunatnej, odnotowano jednak nieznacznie wyższe nasilenie tych chorób w uprawach metodami ekologicznymi. Pula cech ekstensywnych żyta ozimego nie równoważy zatem interakcji patogen – antagonist w konwencjonalnej metodzie gospodarowania (D.10).

Na liściach jęczmienia odnotowano symptomy rynchosporiozy, plamistości siatkowej oraz mączniaka prawdziwego zbóż i traw. *Pyrenophora teres* i *Rhynchosporium secalis* częściej atakowały liście w systemie konwencjonalnym, niż ekologicznym. Okres konwersji miał inhibicyjny wpływ na nasilenie chorób liści jęczmienia. Na podstawie źdźbła wyższe nasilenie fuzaryjnej zgorzeli podstawy źdźbła oraz łamliwości źdźbła zbóż i traw stwierdzono w konwencjonalnej uprawie jęczmienia, w porównaniu do ekologicznej. Najliczniejszą grupą izolatów były grzyby rodzaju *Fusarium*, zaś groźny patogen jęczmienia *Bipolaris sorokiniana* dziesięciokrotnie częściej zasiedlał jęczmień pochodzący z uprawy ekologicznej, a grzyby rodzaju *Aureobasidium* i *Microdochium* z wyższą frekwencją wyisobniano z jęczmienia uprawianego w systemie konwencjonalnym. Średni indeks porażenia korzeni w okresie badań kształtował się na zbliżonym poziomie, a istotne różnice były modyfikowane dobozem płodozmianu (D.1, D.5). Należy dodać, że *B. sorokiniana* jako sprawca zamierania siewek może także ograniczać siłę i energię kiełkowania o 25%. Spadek plonu w uprawie jęczmienia może być ograniczony w porównaniu do wzorca o ponad 30%.

Na podstawie przeprowadzonych badań dotyczących grzybów glebowych towarzyszących uprawie jęczmienia jarego stwierdzono, że nawożenie mineralne uzupełnione organicznym stymuluje liczebność mikroorganizmów glebowych. Najsilniejszy wzrost liczebności mikroorganizmów glebowych związany jest z aplikacją obornika wraz z NPK w dawce 120/60/120 kg/ha, co stymuluje także nasilenie fuzaryjnej zgorzeli podstawy źdźbła. Wprowadzenie, w tej dawce NPK, wapnia ograniczało pulę grzybów glebowych. Wprowadzenie do uprawy jęczmienia jarego jedynie nawozów mineralnych stymuluje rozwój patogenów w glebie i działa inhibicyjnie na grzyby o cechach antagonistycznych zwłaszcza w dawkach 120/60/120 kg/ha NPK i 120/60/120/40 kg/ha NPKMg. W zbiorowisku grzybów glebowych towarzyszących uprawie jęczmienia jarego dominowały saprotrofy: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Chaetomium* oraz gatunki patogeniczne *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Botrytis*. Zaniechanie zabiegów nawozowych oraz stosowanie w praktyce rolniczej jedynie nawozów mineralnych z aplikacją magnezu powoduje kumulację w glebie grzybów patogenicznych i może pogarszać zdrowotność jęczmienia jarego. Dominującymi symptomami chorób podstawy źdźbła jęczmienia jarego były fuzaryjna zgorzel podstawy źdźbła oraz łamliwość źdźbła zbóż. Marginalne znaczenie w kondycji jęczmienia jarego miały grzyby rodzaju *Rhizoctonia*. Wysoka dawka azotu (180 kg/ha) wraz z nawożeniem organicznym stymulowała nasilenie łamliwości podstawy źdźbła. Grzybami dominującymi wśród izolatów z podstawy źdźbła jęczmienia jarego były: *F. culmorum*, *F. croowellense*, *F. poae*, *A. alternata* oraz *Gliocladium roseum*. Aplikacja nawozów mineralnych

stymulowała strukturę ilościową i jakościową grzybów zasiedlających podstawę źdźbła jęczmienia jarego (**D.1**).

Wyniki badań nad wpływem sposobu nawożenia NPK i ochrony roślin na zdrowotność liści i podstawy źdźbła pszenicy ozimej wskazały, że niższe nasilenie objawów septoriozy i mączniaka prawdziwego zbóż i traw występuje na poletkach nawożonych doglebowo i dolistnie. Doglebowa aplikacja azotu oraz brak nawożenia sprzyjały infekcji pszenicy ozimej przez *Zymoseptoria tritici* i *B. graminis*. Objawy chorób podsuszkowych powodowane przez grzyby rodzaju *Rhizoctonia* i *Gaeumannomyces* obserwowano nielicznie, gdy pszenicę ozimą nawożono doglebowo, zaś w przypadku nasilenia łamliwości podstawy źdźbła i fuzaryjnej zgorzeli podstawy źdźbła, gdy azot aplikowano doglebowo i dolistnie. Zaniechanie zabiegów nawożenia miało negatywne skutki dla zdrowotności podstawy źdźbła pszenicy ozimej (**D.12**, **D.16**).

W fazie krzewienia zbóż kondycja korzeni i pochew liściowych wymaga monitoringu. Choć ten etap rozwoju zbóż często bywa marginalnie traktowany w monitoringu zdrowotności, to już w tej fazie można diagnozować konsekwencje jesiennych infekcji ozimin ze strony sprawców: fuzaryjnej zgorzeli podstawy źdźbła (*Fusarium* spp.), łamliwości źdźbła zbóż i traw (*O. yallundae*, *O. acufomis*) i ostrej plamistości oczkowej (*Ceratobasidium cereale*, *Thanatephorus cucumeris*). Korzenie na tym etapie rozwoju mogą mieć przewężenia, brunatne lub czarne nekrozy, które ograniczają transport wody, makro- i mikroelementów oraz asymilatów. W zbiorowisku mikroorganizmów wyosobnianych z takich nekrotycznych zmian korzeni izoluje się także *B. sorokiniana* (**B2.1**). Patogen ten może bytować także jako saprotrof w formie przetrwalników w glebie, atakując następnie delikatne korzenie. W badaniach własnych, również z jęczmienia ozimego, w okresie wegetacji izolowano tego patogena z chorobowo zmienionych podstaw źdźbeł. Choć w ocenie makroskopowej organy roślinne klasyfikowano jako wykazujące fuzaryjną zgorzel podstawy źdźbła ze względu na charakterystyczne ciemne: od brunatnych do czarnych pasm na dolnych międzywęzłach źdźbła, a symptomom towarzyszyło gnicie korzeni, to ocena mikroskopowa ujawniła różnorodność gatunkową grzybów powodujących takie objawy z udziałem *B. sorokiniana*. Podsumowując, należy uwypuklić, że w zubożonej strukturze areałów z dobrą praktyką rolną różnorodność gatunkowa mikroorganizmów oraz cechy ilościowe i jakościowe zbiorowiska mogą mieć decydujące znaczenie w kształtowaniu plonu. Identyfikacja patogenów, takich jak *B. sorokiniana*, zagrażających w całym okresie wegetacji równowadze produkcji roślinnej, stawia zatem praktycznej ochronie roślin wyzwania do działań, które wraz z systemami wsparcia decyzji będą doskonaliły umiejętność wczesnego diagnozowania symptomów chorób, wdrażania na rynek produktów skutecznych w szerokim spektrum działania w celu utrzymania dynamicznej równowagi między składnikami agrocenoz.

Na podstawie przeprowadzonych badań polowych i doświadczeń laboratoryjnych nad zdrowotnością ozimej pszenicy orkisz wnioskowano, że dominującymi chorobami modyfikującymi zdrowotność kłosa orkisz ozimego odmiany 'Schwabenkorn' są: septorioza plew pszenicy, czernienie kłosów, fuzarioza kłosów. System uprawy orkisz ozimego nie kształtował poziomu nasilenia objawów

septoriozy plew, zaś monokulturowa uprawa tego zboża stymulowała rozwój grzybów powodujących czerń kłosów. Zmianowanie w uprawie orkiszu ogranicza możliwości infekcyjne grzybów rodzaju *Fusarium*. Nie stwierdzono znacznego zagrożenia zdrowotności pszenicy orkisz występowaniem grzybów *Fusarium*, produkujących mykotoksyny, a dominantami struktury grup ekologicznych w uprawie orkiszu ozimego były saprotrofy: *Alternaria alternata*, *Cladosporium cladosporioides*, *Chaetomium* spp. (B.1.2).

Na liściach owsa w ekologicznym i konwencjonalnym sposobie gospodarowania w dwóch latach badań wystąpiły: *Helminthosporium avenae*, *Septoria avenae* – sprawcy plamistości liści i *Puccinia coronata* - wywołująca rdzę koronową owsa. Spośród chorób podstawy źdźbła na owsie, w obydwu systemach gospodarowania wystąpiła fuzaryjna zgorzel podstawy źdźbła oraz łamliwość źdźbła zbóż i traw. Fuzaryjna zgorzel podstawy źdźbła w większym nasileniu wystąpiła jednak w konwencjonalnym systemie gospodarowania. Średni Ip (%) owsa nieoplewionego za cały okres badań w systemie ekologicznym wyniósł 2,9%, a w konwencjonalnym 9,5%. Nasilenie choroby na nieoplewionej formie owsa uprawianego w systemie ekologicznym w stosunku do oplewionej, uprawianej w tym samym systemie, nie różniło się w sposób istotny (B.2.12).

c) Rozwój integrowanych metod uprawy i ochrony roślin determinuje zainteresowanie biologicznymi metodami regulacji występowania patogenów w agrocenozach. Fluktuacje struktur zasiewów roślin rolniczych w Polsce związane są z warunkami środowiskowymi, ale także z dofinansowaniem upraw w ramach programów rolno-środowiskowych, czego odzwierciedleniem są wahania w areale zasiewu łubinu. Najczęściej uprawianymi w Polsce gatunkami są: łubin wąskolistny, łubin żółty i łubin biały, a zaletą obecności tych gatunków w uprawie jest stymulacja obiegu substancji organicznych i azotu w glebie. Istotną przyczyną ograniczania powierzchni uprawy łubinu mogą być również patogeny: *F. oxysporum* f.sp. *lupini* oraz *Pleospora herbarum*, st. kon. *Stemphylium botryosum*, powodujący opadzinę liści łubinu. Areal uprawy łubinu żółtego w 1999 roku obniżyło epidemiczne rozprzestrzenianie *Colletotrichum lupini*. Obligatoryjnym staje się zatem monitorowanie stanu zdrowotnego łubinu oraz optymalizowanie dostępnych metod ochrony roślin, ze szczególnym uwzględnieniem metod biologicznych. W badaniach własnych prowadzonych w 2011 roku *Colletotrichum lupini* silnie opanował strąki łubinu żółtego. Najwyższe nasilenie odnotowano w obiektach kontrolnych – 36,3%. Wszystkie badane preparaty ograniczały nasilenie choroby, jednak preparaty biologiczne EM-1 i Biochicol 020 PC w najmniejszy stopniu. Współczynnik Abbotta wynosił odpowiednio 12,7 i 31,1%. Zdecydowanie wyższą skutecznością wykazał się preparat Grevit 200 SL (o 67,8%). Spośród fungicydów najbardziej skutecznym okazał się Gwarant 500 SC (o 60,6%), jednak największe ograniczenie symptomów choroby wystąpiło po zastosowaniu regulatora wzrostu Asahi SL (o 87,1%). Nasilenie antraknozy łubinu na liściach było nieco mniejsze (30,7% w obiekcie kontrolnym), jednak i tu zaobserwowano podobne zależności. Na łubinie wąskolistnym antraknoza wystąpiła jedynie na strąkach, a jej nasilenie było niewielkie (6,7% w obiekcie kontrolnym). Słabiej działały: EM-1, Asahi SL i Grevit 200 SL (ograniczenie o 50,7; 55,2 i 65,7% odpowiednio), a zdecydowanie lepiej: Sarfun

500 SC, Biochicol 020 PC i Gwarant 500 SC (ograniczenie odpowiednio o 85,1; 89,6 i 95,5%). W 2012 r. i 2013 r. *Colletotrichum lupini* w średnim stopniu opanował liście i strąki łubinu żółtego. Najbardziej skutecznym okazał się fungicyd Gwarant 500 SC (o 80,5 i 73,1%). Na łubinie wąskolistnym antraknoza wystąpiła jedynie na strąkach na obiekcie kontrolnym, gdzie stwierdzono nasilenie 2,3%. Stwierdzono, że antraknoza łubinu stanowi zagrożenie głównie dla łubinu żółtego, a spośród preparatów biologicznych jedynie Grevit 200 SL skutecznie stymuluje zdrowotność łubinu, ograniczając nasilenie antraknozy. Fungicyd Gwarant 500 SC jest zatem skutecznym preparatem ograniczającym rozwój i rozprzestrzenianie *C. lupini* - i w myśl obowiązującej dyrektywy może stanowić uzupełnienie metodyk integrowanej ochrony łubinu przed patogenami (B1.3).

d) W pracach dotyczących kondycji traw oceniano możliwość wykorzystania osadów ściekowych jako nawozu. Celem badań było określenie zależności między zastosowaną dawką osadów ściekowych, a różnorodnością zmian jakości i ilości mikroorganizmów w strefie korzeniowej traw. Zbiorowisko grzybów wyizolowanych z ryzoplany traw było zdominowane przez grzyby należące do rodzaju *Fusarium*, w tym *F. oxysporum*. Frekwencja tych grzybów rosła wraz z dawką osadów ściekowych. Stwierdzono również, że udział niektórych grzybów saprotroficznych istotnie zwiększył się po zastosowaniu osadu w dawce 60 t/ha, zaś zmniejszył po zastosowaniu w najwyższej dawce 150 t/ha. Najniższy udział grzybów *Fusarium* odnotowano w korzeniach życicy trwałej (30,3% wszystkich izolatów), podczas gdy ich najwyższą frekwencję w kostrzewie czerwonej (44,3%). Na podstawie uzyskanych wyników, analizy struktury dominacji, udziału potencjalnych patogenów oraz bakterii i grzybów saprotroficznych stwierdzono, że dawka osadów 60 t/ha jest najkorzystniejszą dla zastosowania w praktyce nawożenia traw.

Cechą zbiorowiska mikroorganizmów towarzyszących roślinom uprawnym jest obecność endofitów, które współistniejąc z gospodarzem mogą wywierać pozytywne lub negatywne skutki w tkankach roślinnych lub organizmach zwierząt żywionych trawą. Przeprowadzone badania nad endofitami tymotki łąkowej i życicy trwałej miały na celu uzupełnienie istniejącej luki wiedzy i opisanie związków między gatunkami grzybów a gatunkami traw. Wśród uzyskanych izolatów grzybów większość należała do workowców, zaledwie dwa izolaty do Basidiomycota, zaś trzy izolaty reprezentowały Oomycota (*Phythium acanthicum*) i pochodziły z tymotki łąkowej. Licznie izolowano: *A. alternata*, *M. bolleyi* i *E. nigrum*. Analiza regionów DNA minisatelitarnego ujawniła wysoki poziom polimorfizmu genetycznego u *A. alternata*, podczas gdy pozostałe izolaty charakteryzowały się niskim poziomem zmienności genetycznej lub jednorodności genetycznej. Określono transfer grzybów endofitycznych między gatunkami traw, co było jedną z najważniejszych obserwacji poczynionych w badaniu. Współczynnik korelacji Sørensen'a osiągnął 50%, co wskazało, że wszystkie gatunki grzybów wyizolowane z życicy trwałej są zdolne do kolonizacji tymotki łąkowej (A.1).

2. Rośliny uprawne podlegają oddziaływaniu nie tylko mikroorganizmów o cechach patogenów czy saprotrofów, ale także entomofauny. Część szkodników już w okresie wegetacji przyczynia się do strat gospodarczych, a niektóre z nich, jak mszyce są wektorami chorób wirusowych, co koreluje z

nasilaniem np. żółtej karłowatości jęczmienia. Entomofauna szkodliwa zasiedla także uszkodzone ziarno zbóż decydując o pogorszeniu jakości lub wykluczeniu ziarna jako materiału nasiennego czy paszowego. Szkodnikami wtórnymi są kapturek zbożowiec (*Rhizopertha dominica* F.) oraz spichrzak surynamski (*Oryzaephilus surinamensis* L.). W przeprowadzonym doświadczeniu stwierdzono, że rozwój kapturka zbożowca w niskim stopniu zależał od doboru odmiany ziarna, zaś wyniki badań dotyczące rozwoju spichrzaka na pszenicy wykazały, że czynnikiem wpływającym na rozwój może być wartość technologiczna odmian. Bardziej odporne na żer spichrzaka okazały się odmiany jakościowe pszenicy, co może wynikać z twardości okrywy owocowo-nasiennej ziarna oraz wysokiej zawartości białka i jakości glutenu. Określenie stopnia podatności odmian zbóż aktualnie występujących w handlu może być ważną wskazówką dla podmiotów przechowujących ziarno zbóż lub produktów jego przemiału, zwłaszcza ze wzrostem popytu na żywność funkcjonalną, w podejmowaniu decyzji dotyczących ich właściwej ochrony (**D11, D14**).

W warunkach polowych prowadzono również badania dotyczące populacji pasożytniczych nicieni występujących w ryzosferze bobu uprawianego w płodozmianie i długoterminowej monokulturze. Oznaczono 13 gatunków: *Trichodorus primitivus*, *T. viruliferus*, *Paratrichodorus pachydermus*, *Criconea annuliferum*, *Paratylenchus projectus*, *Bitylenchus dubius*, *Merlinius brevidens*, *Pratylenchus fallax*, *P. flakkensis*, *P. neglectus*, *Heterodera trifolii*, *H. goettingiana* i *Ditylenchus dipsaci*. Na poletkach z uprawą monokulturową bobu w cystach *Heterodera* zidentyfikowano 70–80% jaj skolonizowanych przez grzyby chorobotwórcze bobu w tym *Fusarium* i *Verticillium*. 12-18% okazów gatunku *Pratylenchus* zostało skolonizowanych przez bakterie chorobotwórcze nicienie *Bacillus penetrans* (**D3, B1.4**).

Prace badawcze nad entomofauną prowadzono w różnych środowiskach. Z materiału roślinnego (*Potamogeton perfoliatus*) pobranego na wybrzeżu Morza Bałtyckiego wyizolowano osobniki nicieni *Hirschmaniella* spp., będące obligatoryjnymi endopasożytami o statusie organizmów kwarantannowych. Weryfikowano także grzyby występujące na powierzchni oskórki nicienia i stwierdzono licznie zarodnikujące grzyby rodzaju *Penicillium*, zaś z jam ciała nicieni licznie izolowano grzyby rodzaju *Alternaria*. Grzyby strzępkowe zasiedlały również nicienie rodzaju *Criconea* tworząc charakterystyczne w strategii grzybów entomopatogennych pętle na ciele ofiary (**B2.14**).

Ważnym zagadnieniem w integrowanej produkcji i ochronie roślin jest także promowanie entomofauny pożytecznej, którą reprezentują zwłaszcza *Carabidae*. Owady te są efektywnymi wskaźnikami równowagi biologicznej agrocenoz oraz urbicenoz. W tych ostatnich ważną rolę pełnią zadrzewienia stanowiące refugia, w których schronienie znajduje wiele biegaczowatych należących do różnych grup ekologicznych - m. in. duże zoofagi oraz cenne gatunki stenotopowe, będące wskaźnikami zmian czynników biotycznych, np. wilgotności. Ze względu na ciągłe zmiany zagospodarowania przestrzeni przez człowieka, największe możliwości rozwoju mają gatunki plastyczne, łatwo dostosowujące się w warunkach silnej antropopresji (**D13, D22, D23**). Biegaczowate są doskonałymi

bioindykatorami zmian zachodzących pod wpływem czynników antropogenicznych w urbicenozach i agrocenozach.

3. W zrównoważonych ekosystemach leśnych organizmy żywe znajdują się w stanie dynamicznej równowagi warunkowanej interakcjami antagonistycznymi i nieantagonistycznymi. Stan ten skutkuje utrzymaniem wzajemnie kontrolowanej liczebności populacji organizmów o cechach patogenów i ich naturalnych wrogów. Grzyby są istotnym elementem łańcucha pokarmowego, jak i całej sieci troficznej, stanowiąc ogniwo decydujące o degradacji biologicznej szczątków organizmów i powstawaniu próchnicy glebowej. Jednak w drzewostanach gospodarczych, zwłaszcza rosnących na tzw. gruntach porolnych, odnotowuje się niski udział grzybów o cechach saprotrofów oraz niski wskaźnik udziału mikroorganizmów - konkurentów grzybów chorobotwórczych. W takich drzewostanach dominują grzyby patogeniczne odpowiedzialne za nasilanie objawów chorób o znaczeniu gospodarczym. Choroby nieinfekcyjne, wynikające z zaburzeń warunków środowiskowych: glebowych czy też atmosferycznych, mogą mieć źródła naturalne lub antropogeniczne. Wspólną cechą zaburzeń stanu zdrowotnego jest zdolność drzewostanu do odtworzenia utraconych cech i kontynuacja genetycznie zdeterminowanych cech po przywróceniu optymalnych warunków danego gatunku drzewa. Inne natomiast są mechanizmy chorób infekcyjnych powodowanych przez grzyby, choć zdarza się w ekosystemach leśnych, że szereg niekorzystnych czynników abiotycznych inicjuje proces choroby infekcyjnej.

W badaniach dotyczących zdrowotności drzew potwierdzono, że głównymi patogenami stanowiącymi zagrożenie gospodarcze są korzeniowiec wieloletni i drobnopory oraz opieńki. Aktywność enzymatyczna tych chorobotwórczych mikroorganizmów prowadzi do rozkładu drewna, co skutkuje deprecjacją surowca i generuje znaczne straty gospodarcze. Trudności diagnostyczne wynikają głównie z ukrytego dla bezpośredniej makroskopowej oceny miejsca bytowania grzybni. Grzybnia korzeniowca może trwać w tkankach żywiciela do siedemdziesięciu lat, pozostając w aktywności infekcyjnej. Taka strategia skutkuje trwałym ryzykiem zakażeń kolejnych generacji lasu oraz zmniejsza odporność na inne czynniki biotyczne i abiotyczne. W badaniach prowadzonych na terenie lasu gospodarczego metoda biologiczna z aplikacją konkurencyjnego grzyba *Phlebiopsis gigantea* była skutecznym elementem ochrony sosny zwyczajnej przed *H. annosum*, efektywnie ograniczającym możliwość rozwoju owocników, czyli ograniczającym możliwość infekcji pierwotnych. Analiza drewna pniaków i korzeni wykazała, że *P. gigantea* nie ogranicza jednak możliwości rozwoju patogena w korzeniach sosny, co ma znaczenie w procesie rozprzestrzeniania sprawcy huby korzeni w drzewostanie i prowadzi do infekcji wtórnych sąsiadujących w drzewostanie korzeni drzew zdrowych i chorych. Zabieg ochronny modelował ponadto frekwencję zbiorowiska grzybów w zależności od lokalizacji oraz okresu wykonania zabiegu (A5).

W ujęciu ekologicznym i rosnącej emisji dwutlenku węgla badano gatunki *Heterobasidion* spp., jako grzyby efektywnie rozkładające celulozę i ligninę w ścianach komórkowych korzeni i strzał drzew i przyczyniające się do zwiększenia poziomu CO₂ w atmosferze. Celem badań laboratoryjnych była

ocena emisji CO₂ rozpadu prób drewna świerkowego przez sześć izolatów *H. parviporum*. Po 3 i 6 miesiącach średni ubytek drewna wynosił odpowiednio 13,6 i 22,1%. Szacowane uwalnianie CO₂ wynosiło odpowiednio 65,14 i 105,86 kg/m³. Zaproponowana w pracy metoda konwersji stanowi przydatne narzędzie do monitorowania emisji CO₂ z rozkładu drewna, zwłaszcza w kontekście globalnej zmiany klimatu (A.2).

W aspekcie zmian klimatycznych można również analizować dynamikę składu gatunkowego zarówno roślin żywicielskich, jak i patogenów. W przypadku *Armillaria* zmiany klimatu podwyższone temperatury powietrza oraz stężenia CO₂, a także susze, ograniczona dostępność wody, powodują wzrost aktywności poszczególnych gatunków opieńek i modyfikują wzrost ryzomorf, zwiększając podatność drzew. Na terenie Polski zidentyfikowano cztery gatunki *Armillaria*: *A. borealis*, *A. bulbosa*, *A. cepistipes* *A. ostoyae*, zaś na obszarach zalesień dawnych nieużytków lub usuniętych sadów można spotkać piąty gatunek - *A. mellea*. Wymienione gatunki różnią się preferencjami pokarmowymi, zasięgiem występowania oraz patogenicznością, co należy wykorzystywać w formowaniu składu gatunkowego odnowień oraz racjonalnych metod profilaktyki Bariery morfologiczno-anatomiczne drzew, np. korowina, taniny, żywica, zdolność odcinania porażonych tkanek, skutecznie bronią drzewa przed procesem infekcji. Inne biochemiczne cechy roślin, takie jak wydzielanie związków fenolowych, terpenowych zawartych w żywicy również działają inhibicyjnie na *Armillaria*. Przy wzmożonym ataku patogena, często także w następstwie stresów środowiskowych, sprawca opieńkowej zgnilizny trafia do strefy przykambialnej tkanek gospodarza. W zależności od przebiegu i terminu zasiedlania gospodarza choroba opieńkowa może trwać dziesiątki lat, a bazą troficzną ryzomorf pozostają pniaki po wycięciu drzew, ze szczególną preferencją stanowisk po bukach, dębach i leszczynie. Prace służące przygotowaniu gleby pod uprawy mogą stymulować rozwój i charakter infekcyjny ryzomorf, ale zarodniki podstawkowe są również źródłem rozprzestrzeniania grzyba i strat gospodarczych w drzewostanach. Cenne jest także poznanie interakcji na poziomie mikroorganizmów endotroficznych: bakterii i grzybów związanych bezpośrednio z patogenezą. Zmiany warunków pogodowych mogą również modyfikować fenologię i biometrię drzew, co badano na przykładzie rozwoju pąków w zależności od klonów, proveniencji i miejsca uprawy drzew modrzewia (A4, A.6, D.24).

Agroekosytemy i hyloekosytemy stanowią przekształcone elementy przyrody, w których na wielu poziomach organizacji produkcji roślinnej zarządzamy zasobami środowiska w celu uzyskania surowców wysokiej jakości. Poziom agrotechniki, ochrony, nawożenia, jak i dobór roślin determinują skład zbiorowisk mikroorganizmów towarzyszących uprawom gospodarczym. Dążenie do ograniczenia frekwencji agrofagów poniżej progu ekonomicznej szkodliwości wiąże się z wykorzystaniem chemicznych metod roślin. Poznanie w warunkach takiej presji zależności antagonistycznych między mikroorganizmami, jak *Trichoderma*, *Bacillus*, *Pseudomonas* – *Fusarium* czy *Heterobasidion* w przypadku upraw leśnych oraz określenie ich wpływu na gospodarza jest gwarancją poprawy zdrowotności i wydajności roślin. Wykorzystanie antagonistycznej roli mikroorganizmów gwarantuje zatem ciągłość systemu integrowanej ochrony i wspiera dynamiczną równowagę w ekosystemach.

Dotychczasowa praca naukowa skutkowała opracowaniem łącznie 41 prac naukowych. Mój dorobek publikacyjny poza 5 pracami wchodzącymi w skład osiągnięcia naukowego obejmuje 34 publikacje (w tym 4 przed uzyskaniem stopnia doktora), 1 monografię oraz 1 rozdział w monografii. 13 prac znajduje się na liście JCR, 31 jest punktowanych zgodnie z listą KBN/MNiSW. Łączna liczba punktów MNiSW według wykazu czasopism naukowych z roku wydania wynosi 395 (w tym 114 to osiągnięcia naukowe), a sumaryczny IF – 13,348. Liczba cytowań publikacji (bez autocytowań), według analizy przeprowadzonej przez Bibliotekę Główną Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie w dniu 5 lutego 2019 r. to: według bazy Web of Science to 21; wg bazy Scopus – 26, wg Google Scholar – 75. W bazie Web of Science wartość indeksu Hirscha wynosi 3, w bazie Scopus – 3, w bazie Google Scholar – 5. (Szczegółową analizę zawiera Załącznik nr 7 wraz z suplementem potwierdzonym przez Dział Informacji Naukowej UWM w Olsztynie).

Aktualnie ukazały się, a nie zostały uwzględnione w analizie bibliometrycznej, prace z listy JCR: za 25 pkt. Journal of Soil Science and Plant Nutrition i za 15 pkt. w Sylwan. Pierwsza praca dotyczy Bacteria isolated from treated wastewater for biofertilization and crop protection against *Fusarium* spp. a druga Podszytów bukowych w borach sosnowych jako miejsc częściowo sprzyjających funkcjonowaniu leśnych zgrupowań biegaczowatych (Col. Carabidae) na siedliskach borowych.

Mój dorobek obejmuje także doniesienia i komunikaty prezentowane na konferencjach krajowych i zagranicznych. Łącznie brałam udział w 35 konferencjach krajowych i 5 międzynarodowych. Aktywnie uczestniczyłam w pracach komitetu organizacyjnego konferencji "Dziś i jutro fitopatologii" oraz pozyskałam dofinansowanie ze źródeł zewnętrznych. Recenzowałam łącznie 9 publikacji naukowych w czasopismach Progress in Plant Protection i Journal of Elementology Byłam kierownikiem i koordynatorem w regionie North czteroletniego projektu finansowanego przez Syngenta Polska, który dotyczy wielkoobszarowego monitoringu pojawu fitopatogenów i szkodników w uprawach roślin rolniczych, a jego wyniki miały aplikacyjny charakter w tworzeniu zaleceń dla praktyki rolniczej.

Jestem członkiem Polskiego Towarzystwa Fitopatologicznego, w którym pełnię funkcję sekretarza i w czasie spotkań naukowych olsztyńskiego oddziału prezentowałam 3 referaty. Ponadto jestem członkiem Polskiego Towarzystwa Ochrony Roślin, a także, Polskiego Towarzystwa Leśnego, w którym jestem członkiem komisji skrutacyjnej. Od 2006 roku i aktualnie jestem przedstawicielem adiunktów w Radzie Wydziału Kształtowania Środowiska i Rolnictwa, a w kadencji 2012-2016 byłam członkiem komisji skrutacyjnej Rady Wydziału oraz komisji oceniającej pracowników na szczeblu wydziałowym. Cyklicznie od 2013 roku prowadzę zajęcia popularyzujące naukę w ramach Olsztyńskich Dni Nauki i Sztuki. Jako nauczyciel mianowany koordynowałam z ramienia macierzystej Uczelni zajęcia praktyczne nt. planowania doświadczeń i eksperymentów oraz ich realizacji dla młodzieży uzdolnionej Zespołu Szkolno-Przedszkolnego nr 101 w Olsztynie. Wraz z pracownikami uczelni prowadziłam Warsztaty Mikroskopii Mykologicznej dla młodzieży licealnej. Uczestniczyłam w opracowaniu programu i prowadziłam warsztaty tematyczne w ramach kursu doskonalenia

zawodowego Kurs Ochrony Roślin Uprawnych pracowników firm branży agronomicznej oraz Warsztaty Tematyczne dla pracowników PIORIN „Mikroorganizmy zasiedlające ziarno zbóż”: Ocena makro- i mikroskopowana zbiorowiska mikroorganizmów zasiedlających ziarno zbóż i Organizmy kwarantannowe ziarna zbóż. Za działalność organizacyjną byłam nagrodzona przez Rektora Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego.

W celu podwyższenia moich kwalifikacji zawodowych uczestniczyłam w licznych stażach, szkoleniach i kursach doszkalcających. Uczestniczyłam w Programie Sokrates, a udział w sześciomiesięcznej wymianie naukowo-dydaktycznej znacząco podniósł moje kompetencje w zakresie fitopatologii molekularnej. Ukończyłam studia podyplomowe w zakresie Interdyscyplinarnego funkcjonowania przyrody oraz studia podyplomowe I i II stopnia w zakresie Hodowli lasu (UP Poznań). Istotne dla rozwoju umiejętności praktycznych było ukończenie kursów podstawowego i zaawansowanego Statistica, co podniosło kwalifikacje w opracowaniu wyników badań. Szczegółowo działalność przedstawiłam w załączniku 6. Umocnieniem kwalifikacji był udział w kursach tematycznych w zakresie diagnostyki molekularnej patogenów oraz kursu uzupełniającego z doradztwa stosowania środków ochrony roślin. Kwalifikacje w zakresie diagnostyki chorób roślin rolniczych skutkują długoletnią współpracą z firmami: od 2013 r. Syngenta Polska, od 2015 roku Bayer CropScience i od 2016 Timac Argo. Moją wiedzę wykorzystuję także w pracy dydaktycznej na kierunkach głównych nurtów badawczych Rolnictwo (Fitopatologia, Monitoring i diagnostyka fitopatologiczna, Choroby i szkodniki w przechowalniach) i Leśnictwo (Fitopatologia ogólna, Fitopatologia leśna, Biologiczne metody ochrony drzew) oraz fakultatywnych Architektura krajobrazu (Diagnostyka patologiczna roślin, Choroby i szkodniki drewna), Ochrona środowiska (Zoologia, Gatunki wskaźnikowe w leśnictwie) i Ogrodnictwo (Choroby i szkodniki surowca florystycznego). Byłam opiekunem 45 prac dyplomowych. Od 2011 roku pełniłam funkcję koordynatora 6 przedmiotów i opracowałam sylabusy przedmiotowe oraz sekretarzem czterech edycji studiów podyplomowych Integrowana Produkcji i Ochrona Roślin.

Rodzaj osiągnięć	Liczba osiągnięć		Suma punktów wg MNiSW*
	Przed doktoratem	Po doktoracie	
Oryginalne prace twórcze z listy JCR	-	13	295
Oryginalne prace twórcze spoza listy JCR	2	17	83
Monografie	-	1	12
Rozdziały w monografiach	-	1	5
Doniesienia na konferencjach o zasięgu międzynarodowym	-	10	-
Doniesienia na konferencjach o zasięgu krajowym	2	46	-
Razem	4	88	395

liczba punktów wg komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego zgodnie z rokiem opublikowania prac
wskaźnik IF z roku wydania publikacji z potwierdzenie analizy bibliometrycznej zał. 7

Piśmiennictwo:

- Ashwini N., Srividya S. 2013. Potentiality of *Bacillus subtilis* as Biocontrol Agent for Management of Anthracnose Disease of Chili Caused by *Colletotrichum gleosporioides* OGC1. 3 Biotech.,4(2):127-136.
- Ball B.C., Bingham I., Rees R.M., Watson C.A., Litterick A. 2005. The role of crop rotations in determining soil structure and crop growth conditions. Canadian Journal of Soil Science 85 (5): 557–577.
- Bendel M., Kienast, F., Bugmann, H., Rigling, D. 2006. Incidence and distribution of *Heterobasidion* and *Armillaria* and their influence on canopy gap formation in unmanaged mountain pine forests in the Swiss Alps. European Journal of Plant Pathology, 116: 2: 85–93.
- Benítez T., Rincón A. M., Limón M. C. And Codón A. C. 2004. Biocontrol Mechanisms Of *Trichoderma* Strains. Int. Microbiol. 7: 249–260.
- Bettiol W., Morandi M.A.B. 2008. *Trichoderma* In Brazil: History, Research, Commercialization And Perspectives. W: Molecular Tools For Understanding And Improving Biocontrol. Ed.: Duffy B., Maurhoffer Butt T. M., Copping L. G., 2000. Fungal Biological Control Agents. Pesticide Outlook.
- Celar F. 2003. Competition for amonium and nitrate forms of nitrogen between some phytopathogenic and antagonistic soil fungi. Biological Control 28:19-24.
- Chetan K, Sandhya M, Sarma BK, Singh SP, Singh HB (2014)Unraveling the efficient applications of secondary metabolites of various *Trichoderma* spp. Appl Microbiol Biotechnol 98:533–544.
- Chaurasia Baskar, Anita Pandey, Lok Man S. Panli, Paukaj Trivedi Bhavesh Kumar, Niharika Colvin. 2005. Diffusible and volatile compounds produced by an antagonistic *Bacillus subtilis* strain cause structural deformations in pathogenic fungi in vitro. Microbiological Research 160(2005):75-81.
- Chouaki T., Lavarde V., Lachaud L., Raccurt C. P., Hennequin C 2015 Invasive Infections Due to *Trichoderma* Species: Report of 2 Cases, Findings of In Vitro Susceptibility Testing and Review of the Literature. CID 2002:35 (1 December): 1360-1370.
- Dighton J, White JM, Oudemans P (2005) The fungal community. Its organization and role in the ecosystem, 3rd edn. CRC, Boca Raton.
- Drenkhan R., Hanso M. 2004. Recent natural disturbances in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) plantations and stands of South-East Estonia: causes and consequences. Transactions of the Faculty of Forestry, Estonian Agricultural University, 37: 17–22.
- Hill S.B., Mallik A. U., Chen H.Y.H. 2005. Canopy gap disturbance and succession in trembling aspen dominated boreal forests in northeastern Ontario. Canadian Journal of Forest Research, 35 (8): 1942–1951.
- Druzhinina I. S., Seidl-Seiboth V., Herrera-Estrella A., Horwitz B. A., Kenerley C. Monte E., Mukherjee P. K, Zeilinger S., Grigoriev I. V. Kubicek C. P. 2011 *Trichoderma*: The Genomics Of Opportunistic Success. Nature Reviews | Microbiology 9:749-759.
- Galante Y.M., De Conti A., Monteverdi R., 1998 a. Application Of *Trichoderma* Enzymes In The Textile Industry. W: *Trichoderma & Gliocladium*, Vol. 2. Ed.: G.E. Harman, Cp. Kubicek. Taylor & Francis, Padstow: 311 – 326.
- Galante Y.M., De Conti A., Monteverdi R., 1998 b. Application Of *Trichoderma* Enzymes In The Food And Feed Industries. W: *Trichoderma & Gliocladium*, Vol. 2. Ed.: G.E. Harman, Cp. Kubicek. Taylor & Francis, Padstow: 327 – 342.
- Giesler, L. J., Can herbicides affect disease development? An overview of differentiating herbicide injury from crop disease and what is known about herbicide effects on disease development" (2015). Proceedings of the Integrated Crop Management Conference. 19
- GUS 2017. Rocznik statystyczny 2017 ss. 910.
- Harman G. E., Howell C.R. , Viterbo A, Chet I, Lorito M. 2004 - *Trichoderma* Species-Opportunistic, Avirulent Plant Symbionts. Nature Review Microbiology 2, 43–56.
- Howell Cr. 2006 – Understanding The Mechanisms Employed By *Trichoderma virens* To Effect Biological Control Of Cotton Diseases. Phytopathology 96, 178–180.
- Islam, M. R., Jeong Y. T., Lee, Y. S. C. H. Song. 2012. Isolation and Identification of Antifungal Compounds from *Bacillus subtilis* C9 Inhibiting the Growth of Plant Pathogenic Fungi. Mycobiol.,40(1): 59-66.

- Jacobs H., Gray S. N., Crump D. H. 2003. Interactions between nematophagous fungi and consequences for their potential as biological agents for the control of potato cyst nematodes. *Mycological Research* 107(1):47-56.
- Jaworska M., Dłużniewska J. 2003 Wpływ wybranych herbicydów na wzrost i aktywność biologiczną *Trichoderma* spp. *Plant Protection* Vol. 43(2): 704-707.
- Johansson E., Thorsson S., Emmanuel R., Krüger E. 2014. Instruments and methods in outdoor thermal comfort studies—the need for standardization. *Urban Climate* 10. Part. 2:346–366.
- Krajowy Program Zwiększania Lesistości. 2003. Ministerstwo Środowiska, Warszawa, ss. 53.
- Kredics, L., Antal, Z., Dóczi, I., Manczinger, L., Kevei, F. And Nagy, E. 2003. Clinical Importance Of The Genus *Trichoderma*. *Acta Microbiol. Immunol. Hung.* 50: 105-117.
- Kumar A., Mazzanti M., Mistrik M., Kosar M., Beznoussenko GV, Mironov AA, Garrè M, Parazzoli D, Shivashankar GV, Scita G. ,2014. ATR mediates a checkpoint at the nuclear envelope in response to mechanical stress. *Cell* 158(3):633-646.
- Lewis K.J., Lindgren B.S. 2002. Relationship between spruce beetle and tomentosus root disease: two natural disturbance agents of spruce. *Canadian Journal of Forest Research*, 32: 31–37.
- Linkmeyer Andrea, Katharina Hofer, Michael Rychlik, Markus Herz, Hans Hausladen, Ralph Hückelhoven & Michael Hess. 2016. Influence Of Inoculum And Climatic Factors On The Severity Of Fusarium Head Blight In German Spring And Winter Barley, *Food Additives & Contaminants: Part A*, 33:3, 489-499.
- Lundquist J. E. 2000. A method of estimating direct and indirect effects of *Armillaria* root disease and other small-scale forest disturbances on canopy gap size. *Forest Science*, 46 (3): 356–362.
- Minchin R.F., Ridgway H.J., Condron L., Jones E.E. 2012. Influence Of Inoculation With A *Trichoderma* Bioinoculant On Ectomycorrhizal Colonisation Of *Pinus Radiata* Seedlings. *Annals Of Applied Biology*. 161(1): 57-67.
- Pantera H. 1972. Wpływ wysokich dawek herbicydów na niektóre grupy drobnoustrojów glebowych. *Pam . Puł.*, 51:69 - 76.
- Patil A., Laddha A., Lunge A. , Paikrao H. Mahure S. In Vitro Antagonistic Properties Of Selected *Trichoderma* Species Against Tomato Root Rot Causing *Pythium* Species. 2012 *International Journal Of Science, Environment And Technology*, Vol. 1, No 4,302 – 315.
- Pięta D. 1998. Rola mikroorganizmów antagonistycznych w zwalczaniu chorób roślin. *Roczniki Ak. Roln. w Poznaniu CCCIV*(27): 221-227.
- Puchniarski T. H., 2000. Krajowy program zwiększania lesistości. Zalesienia porolne. Poradnik od A do Z. PWRiL, Warszawa, ss. 223.
- Reglinski T., Spiers T.M., Taylor J.T., Ah Chee A., Dick M.A. 2008. Management Of *Phytophthora* Root Rot In *Radiata* Pine Seedlings. Report To New Zealand Forest Health Research Collaborative, Project 2007-03.1-23
- Sierota Z. 1997. Drogi infekcji *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. w zalesieniach na gruntach porolnych i przeciwdziałanie zagrożeniom. *Przegląd przyrodniczy*.VIII:111-114.
- Sobolewski J., Gidelska A., Szczechm., Robakj., 2013. *Trichoderma* Ssp. Jako zaprawa nasienna przeciwko zgorzelom siewek roślin warzywnych. *Postępy w Ochronie Roślin* 53, 340–344.
- Tanaka T. 2005 Integrated control of potato scab according to incidence levels. *Shokubutsu boeki (Plant Prot.)*, 59, 218 -221
- Tucci M, Ruocco M, De Masi L, De Palma M, Lorito M. 2011. The beneficial effect of *Trichoderma*spp. on tomato is mod-ulated by the plant genotype. *Mol Plant Pathol* 12(4):341–354
- Ustawa z dnia 28 września 1991 r. o lasach. *Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej*, nr 101, poz. 444.
- Vega D., Gally M. E., Romero A. M., Poggio S. L. 2018. Functional groups of plant pathogens in agroecosystems: Online: <https://doi.org/10.1007/s10658-018-01616-8>.
- Watanabe N., Lewis J. A., Papavizas G. C. 1987. Influence of nitrogen fertilizers on growth, spore production and germination, and biological potential of *Trichoderma* and *Gliocladium*. *J. Phtopathol.* 120:337-346.
- Whitelaw MA. 1999. Growth promotion of plants inoculated with phosphate-solubilizing fungi. *Adv Agron* 69:99 –151.
- Worrall J.J., Lee T.D., Harrington T.C. 2005. Forest dynamics and agents that initiate and expand canopy gaps in *Picea- Abies* forests of Crawford Notch, New Hampshire, USA. *Journal of Ecology (Oxford)*, 93 (1): 178–190.
- Zhao, Y., Selvaraj, J. N., Xing, F., Zhou, L., Wang, Y., Song, H., Tan, X., Sun, L., Sangare, L., Folly, Y. M. E. and Liu, Y. 2014 Antagonistic Action of *Bacillus subtilis* strain SG6 on *Fusarium graminearum*. *PLoS ONE* 9(3): e92486.