

**Autoreferat przedstawiający opis dorobku i osiągnięć naukowych,
w szczególności określonych w art. 16 ust. 2 ustawy
w języku polskim**

1. Imię i nazwisko Katarzyna Gleń-Karolczyk

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe/artystyczne - z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania

magister inżynier rolnictwa, specjalizacja ochrona roślin, Akademia Rolnicza im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Wydział Rolniczy, 1995 r.

Tytuł pracy: *Wpływ herbicydów Afalon, Sencor na zdrowotność ziemniaka*

Opiekun naukowy: dr hab. Zbigniew Burgiel

Recenzent: dr hab. Halina Kurzawińska

doktor nauk rolniczych w zakresie agronomii, specjalność naukowa: ochrona roślin, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, 2002 r.

Tytuł rozprawy: *Zdrowotność bulw ziemniaka oraz plonowanie w zależności od rodzaju nawożenia organicznego i sposobu uprawy roli*

Promotor: dr hab. Elżbieta Boligłowa prof. AR

Recenzenci: dr hab. Zbigniew Burgiel

prof. dr hab. Stanisław Dzienia

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych/artystycznych

od listopada 1996 – 2003 r. pracownik naukowo-techniczny, Zakład Ochrony Środowiska Rolniczego (obecnie Katedra Ochrony Środowiska Rolniczego), Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Akademia Rolnicza im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

od grudnia 2003 – 2005 r. asystent naukowo-dydaktyczny, Katedra Ochrony Środowiska Rolniczego, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Akademia Rolnicza im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

od grudnia 2005 r. adiunkt naukowo-dydaktyczny, Katedra Ochrony Środowiska Rolniczego, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Akademia Rolnicza im. Hugona Kołłątaja w Krakowie (obecnie Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie)

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 ze zm.)

a) tytuł osiągnięcia naukowego:

dzieło opublikowane w całości pt.:

Zabiegi ochronne kształtujące plonowanie, zdrowotność oraz różnorodność mikroorganizmów związanych z czernieniem pierścieniowym korzeni chrzanu (*Armoracia rusticana* Gaertn.)

Autor: Katarzyna Gleń-Karolczyk

Pracę opiniowali:

dr hab. Jolanta Kowalska (prof. IOR – PIB), Zakład Ekologii i Ochrony Środowiska, Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy w Poznaniu

dr hab. inż. Grzegorz Lemańczyk (prof. UTP), Pracownia Fitopatologii i Mykologii Molekularnej, Wydział Rolnictwa i Biotechnologii, Uniwersytet Techniczno Przyrodniczy w Bydgoszczy

Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie

b) omówienie celu naukowego ww. pracy i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Wprowadzenie i cel badań

Chrzan pospolity (*Armoracia rusticana* Gaertn.) od stuleci jest cenioną rośliną leczniczą, przyprawową oraz znaną jako naturalny środek kosmetyczny i konserwujący żywność [Wedelsbäck Bladh i Olsson 2011]. Korzeń chrzanu zawiera wiele składników odżywczych i bioaktywnych, szczególnie doceniana jest zasobność w glukozytolany, które są źródłem izotiocyjanianów o szerokim spektrum zastosowań w medycynie [Kosson i Horbowicz 2008, Agneta i in. 2013, Calabrone i in. 2015, Ciska i in. 2017, Rivelli i in. 2016]. Między innymi posiadają właściwości bakteriobójcze, przeciwzapalne, hamują rozwój raka okrężnicy, jelita grubego, żołądka, płuc [Bałasińska i in. 2005, Weil i in. 2005, Wagner i in. 2012, Romeo i in. 2018]. W testach klinicznych i immunologicznych od lat wykorzystuje się peroksydazę chrzanową [Azevedo i in. 2003, Palanisamy i in. 2012, Spadiut i Hernig 2013]. Dlatego bardzo istotna jest jakość korzeni, na którą wpływa szereg czynników środowiskowych i agrotechnicznych [Gleń-Karolczyk 2015].

Chrzan do uprawy wprowadzono dopiero pod koniec XVIII wieku, aktualnie jego plantacje istnieją w wielu krajach. Światowym liderem w produkcji są Stany Zjednoczone,

a w Europie Niemcy, Węgry oraz Polska. We wszystkich krajach chrzan należy do upraw małoobszarowych o lokalnym zasięgu. W Polsce uprawiany nieustannie od 1939 roku w południowo-zachodniej części województwa łódzkiego na terenie gmin: Siemkowice, Kielczygłów, Osjaków i Rusiec. Od samego początku polscy rolnicy sami kreowali i doskonalili technologię uprawy chrzanu. W latach 1970–2000 dużym wsparciem z zakresu nawożenia i zwalczania agrofagów były materiały publikowane przez Instytut Warzywnictwa w Skierniewicach [Rogowska i Szwejska 1998, Górecka i Lehman 2001, Rogowska i Horbowicz 2004, Macias 1996, 1997, Macias i Robak 1999].

W ostatnim dwudziestoleciu brakuje opracowań naukowych na temat chorób infekcyjnych chrzanu i możliwości ich zwalczania. Prawie dziewięćmiesięczny okres wegetacji wyjątkowo sprzyja porażeniom organów nadziemnych i korzeni przez patogeny, a także uszkodzeniom powodowanym przez szkodniki. Szacuje się, że patogeny roślin w okresie wegetacji powodują straty w plonach na poziomie 9-15% oraz pogarszają ich jakość [Savary i in. 2012]. W utrzymaniu produkcji na odpowiednim poziomie ochrona roślin odgrywa kluczową rolę. W Polsce plantatorzy chrzanu od lat stosują wyłącznie chemiczną ochronę. Bardzo wąski asortyment zarejestrowanych środków chemicznych przeznaczonych do ochrony chrzanu pogłębia problem. Stosowanie wciąż tych samych substancji aktywnych powoduje uodpornianie się patogenów, w konsekwencji małą skuteczność zabiegów ochrony [Baćmaga i in. 2016]. Inne negatywne skutki dla środowiska to przede wszystkim wyeliminowanie organizmów pożytecznych, ograniczenie bioróżnorodności gleb, kumulacja substancji aktywnych w roślinach [Waag i in. 2014, Bender i in. 2016]. Niepublikowane wyniki badań wskazują, że korzenie chrzanu z łatwością kumulują substancje aktywne pestycydów (często przekraczając dopuszczalne normy) oraz metale ciężkie. Rejon uprawy chrzanu w ostatnich latach często objęty jest znacznym deficytem wody, wynikającym z małej ilości opadów atmosferycznych, a także niekorzystnego położenia w strefie oddziaływania kopalń Bełchatów i Szczerców. W łagodzeniu dotkliwych skutków suszy mogą pomagać biostymulatory na bazie alg, które stymulują aktywność biologiczną gleb i ograniczają rozwój patogenów roślin [Thompson 2004, Khan i in. 2009].

Wychodząc naprzeciw problemom, z którymi borykają się producenci chrzanu województwa łódzkiego oraz uwzględniając brak danych dotyczących: plonowania, występowania chorób infekcyjnych i możliwości zwalczania ich metodami alternatywnymi do chemicznej w latach 2012–2015 przeprowadzono ścisłe doświadczenia.

Celem pracy była:

- 1) Ocena porównawcza wpływu ochrony chemicznej i jej zredukowanych wariantów oraz ochrony biologicznej na:
 - plon całkowity korzeni chrzanu i jego strukturę (udział frakcji korzeni: głównych, korzeni bocznych o długości do 20 cm, 20–25 cm, 25–30 cm, powyżej 30 cm oraz odpadów),
 - nasilenie chorób infekcyjnych na liściach i korzeniach chrzanu.
- 2) Określenie zależności między poszczególnymi jednostkami chorobowymi a plonem całkowitym i wyodrębnionych frakcji korzeni
- 3) Poznanie zbiorowisk mikroorganizmów związanych z czernieniem pierścieniowym korzeni chrzanu
 - ocena wpływu preparatów zastosowanych do zaprawiania sadzonek na skład ilościowy, jakościowy oraz bioróżnorodność zbiorowisk mikroorganizmów uczestniczących w epidemiologii czernienia pierścieniowego korzeni
 - ocena zależności między liczebnością tych zbiorowisk, wskaźnikami ich bioróżnorodności a nasileniem czernienia pierścieniowego korzeni.

Materialy i metody badań

Czteroletnie badania przeprowadzono w Siemkowicach (51°12.1164'N; 18°53.928'E), miejscowości położonej w powiecie pajęczańskim, województwa łódzkiego. Jednoczynnikowe doświadczenie z udziałem polskiej odmiany chrzanu Alpo założono metodą losowanych bloków w czterech powtórzeniach. Czynnikiem badawczym były zabiegi ochrony przed chorobami infekcyjnymi, które obejmowały: zaprawianie sadzonek korzeniowych chrzanu przed wysadzeniem oraz nalistną aplikację preparatów. Z uwagi na duże zagrożenie ze strony owadów niezbędne było włączenie zwalczania szkodników. Natomiast chwasty zwalczano mechanicznie.

W eksperymencie wykorzystano:

- Fungicydy

Topsin M 500 SC – tiofanat metylowy; Dithane Neo Tec 75 WG – mankozeb; Amistar Opti 480 SC – chlorotalonil, azoksystrobina; Ridomil Gold MZ Pepite 67,8 WG – metalaksyl-M, mankozeb.

- Insektycydy

Nurelle D 550 WG – chloropiryfos, cypermetryna; Decis Mega 50 EW – deltametryna; Proteus 110 OD – tiachlopryd, deltametryna; Sumi – Alpha 050 EC – esfenwalerat; Bulldock 025 EC – beta-cyflutryna.

- Biologiczne środki ochrony roślin

Polyversum WP – oospory *Pythium oligandrum*,

Dipel® WG – *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* szczep ABTS 351.

- Biotechniczne środki ochrony roślin

Timorex Gold 24 EC – olejek z krzewu herbacianego – *Melaleuca alternifolia*;

SpinTor 240 SC – spinosad: Spinozyn A, Spinozyn D.

- Biostymulatory

Kelpak SL – auksyny i cytokiny pozyskane z alg *Ecklonia maxima*;

Asahi SL – nitrofenole naturalnie występujące w roślinach – para-nitrofenolan sodu, orto-nitrofenolan sodu, nitroguajakolan sodu; Tytanit – tytan.

W doświadczeniu wyodrębniono obiekty ochrony przedstawione w tabeli 1.

Tabela 1. Schemat ochrony

Oznaczenie obiektów ochrony	Zaprawianie sadzonek korzeniowych	Aplikacje nalistne		
		Preparaty grzybobójcze	Preparaty owadobójcze	Biostymulatory
Ochrona chemiczna				
Ch	Topsin M 500 SC	2 x Dithane Neo Tec 75 WG 2 x Amistar Opti 480 2 x Ridomil Gold MZ Pepite 67,8 WG	2 x Decis Mega 50 EW 2 x Proteus 110 OD 1 x Nurelle D 550 1 x Sumi Alpha 050 EC 1 x Bulldock 025 EC	Brak
Zredukowana ochrona chemiczna z udziałem biopreparatów i biostymulatorów				
R1	Topsin M 500 SC	1 x Dithane Neo Tec 75 WG 1 x Amistar Opti 480 SC 1 x Ridomil Gold MZ Pepite 67,8 WG 1 x Polyversum WP 1 x Timorex Gold 24 EC	1 x Decis Mega 50 EW 1 x Proteus 110 OD, 1 x Sumi Alpha 050 EC 4 x Dipel® WG	1 x Kelpak SL
R2	Topsin M 500 SC	1 x Dithane Neo Tec 75 WG 1 x Amistar Opti 480 SC 1 x Polyversum WP 1 x Timorex Gold 24 EC	j.w.	2 x Kelpak SL
R3	Topsin M 500 SC	1 x Amistar Opti 480 SC 1 x Polyversum WP 1 x Timorex Gold 24 EC	j.w.	2 x Kelpak SL 1 x Tytanit
Ochrona biologiczna				
B1	Polyversum WP	2 x Polyversum WP 2 x Timorex Gold 24 EC	5 x Dipel WG 3 x Spin Tor 240 SC	2 x Asahi SL 2 x Kelpak SL
B2	Kelpak SL	j.w.	j.w.	j.w.
Ochrona przed chorobami tylko z udziałem zaprawiania sadzonek i nalistną aplikacją preparatów owadobójczych				
ZCh1	Topsin M 500 SC	Brak	Jak w obiekcie CH	Brak
ZCh2	Topsin M 500 SC	Brak	Jak w obiekcie R1	Brak
ZB1	Polyversum WP	Brak	5 x Dipel WG 3 x Spin Tor 240 SC	Brak
ZB2	Kelpak SL	Brak	j.w.	Brak
K (Kontrola)	Brak	Brak	Jak w obiekcie R1	Brak

Liczba aplikacji preparatów oraz ich dawka były zgodne z etykietą.

Ważniejsze wyniki badań

Ocena wpływu ochrony chemicznej i jej zredukowanych wariantów oraz ochrony biologicznej na plon całkowity korzeni chrzanu i jego strukturę

Plon całkowity

Warunki hydrotermiczne panujące w okresie wegetacji są głównym czynnikiem determinującym plonowanie roślin zwłaszcza warzyw korzeniowych o długim okresie wegetacji i dużym zapotrzebowaniu na wodę. Lata objęte badaniami charakteryzowały się zmiennością w ilości i rozkładzie opadów atmosferycznych oraz temperatur. W 2014 roku suma opadów atmosferycznych przypadająca na ośmiomiesięczną wegetację chrzanu prawie dwukrotnie przewyższała opady w analogicznych okresach 2012 i 2015 roku, które były bardzo zbliżone pod względem warunków hydrotermicznych i należały do suchych bądź bardzo suchych.

Zastosowane zabiegi ochrony modyfikowały plon korzeni chrzanu w zakresie od 104 do 149,28 dt·ha⁻¹. Przy czym we wszystkich obiektach notowano istotnie większe plony niż w kontroli. Najlepsze efekty pod względem plonowania osiągnięto w obiekcie R3, w którym zredukowano nalistne zabiegi fungicydami syntetycznymi, a w zamian wprowadzono dwukrotną aplikację preparatów biologicznych (1 x Polyversum WP; 1 x Timorex Gold 24 EC), oraz trzy razy biostymulatory (2 x Kelpak SL i 1 x Tytanit). Plon całkowity korzeni z hektara w tym przypadku był istotnie większy aż o 45,28 dt w porównaniu z kontrolą. Przy pełnej ochronie chemicznej (Ch) bazującej na sześciu zabiegach fungicydami średni plon całkowity korzeni wynosił 139,38 dt·ha⁻¹. Z kolei 50% redukcja liczby tych zabiegów przy jednoczesnym włączeniu biopreparatów grzybobójczych oraz biostymulatora Kelpak SL (R1) skutkowało istotną wyższą plonów. Przy czym podobne efekty uzyskano również w obiekcie R2 (z dwukrotną aplikacją preparatu Keplak SL). Efekt plonochronny w obiektach pełnej biologicznej ochrony B1 i B2 był istotnie słabszy niż w wariantach zredukowanej (R1 – R3), jak i pełnej ochrony chemicznej. Jednak istotnie większy plon korzeni uzyskano w obiekcie B2, w którym sadzonki zaprawiono biostymulatorem Kelpak SL niż w B1 (z wykorzystaniem biopreparatu Polyversum WP).

W ocenie plonowania korzeni chrzanu wysoce istotna okazała się interakcja lat z zastosowaną ochroną. Na ogół w sezonach 2014 i 2013 o optymalnej ilości opadów atmosferycznych, przyrosty plonów korzeni pod wpływem zastosowanych zabiegów ochrony były istotnie większe w porównaniu do lat 2012 i 2015 uznanych jako suche. Zaznaczający się w 2012 roku deficyt wody przypadający na okres po wysadzeniu sadzonek spowodował

brak skuteczności plonotwórczej preparatów zastosowanych do zaprawiania sadzonek. W efekcie wielkość odnotowanych plonów w tych obiektach nie różniła się istotnie od kontroli.

Struktura plonu korzeni chrzanu

Ze względów gospodarczych oprócz wysokości plonów korzeni chrzanu bardzo ważna jest również jego struktura. Korzeń główny oraz korzenie boczne o długości do 20 cm najczęściej stanowią plon handlowy, który trafia do zakładów przetwórstwa owocowo-warzywnego. Natomiast korzenie boczne o grubości powyżej 0,5 cm i długości większej niż 20 cm to sadzonki – wykorzystywane do reprodukcji.

W przeprowadzonym eksperymencie z całkowitego plonu korzeni chrzanu wyodrębniono sześć frakcji: korzeń główny (matecznik), odrosty pierwszego i drugiego rzędu o grubości co najmniej 0,5 cm i długości do 20 cm, sadzonki o trzech zakresach długości i odpady – stanowiące bardzo cienkie odrosty korzeni bocznych.

Wykazano istotny wpływ zastosowanej ochrony na udział poszczególnych frakcji korzeni w plonie całkowitym. Najmniej zróżnicowana okazała się frakcja korzeni głównych, której udział utrzymywał się w zakresie od 53,31% w obiekcie ZB1 (zaprawione sadzonki środkiem Polyversum WP) do 56,91% w kontroli, i tylko między tymi obiektami stwierdzono różnicę istotną. Z kolei w obiekcie biologicznej ochrony B1 oraz pod wpływem zaprawy chemicznej (ZCh1) stwierdzano istotne zwiększenie udziału frakcji korzeni poniżej 20 cm.

Wszystkie zastosowane warianty ochrony sprzyjały istotnemu zwiększeniu udziału w plonie całkowitym korzeni o długości powyżej 30 cm. Przy czym w obiektach R2, R3, B2 z dwu, trzy i czterokrotną aplikacją nalistną biostymulatorów udział tej frakcji sadzonek był największy, stanowił średnio 20,3% i był dwukrotnie większy niż w kontroli. Zaprawianie sadzonek biostymulatorem Kelpak SL (ZB2) oraz pełna ochrona biologiczna B2 istotnie zwiększały udział sadzonek o długości 25–30 cm.

Choroby infekcyjne liści

Intensywność występowania chorób infekcyjnych liści jest efektem wielu współdziałających czynników: środowiskowych, agrotechnicznych w tym stosowanej ochrony oraz interakcji biotycznych między organizmami kolonizującymi fyllosferę.

W badanych sezonach wegetacyjnych na liściach chrzanu stwierdzono występowanie pięciu jednostek chorobowych. Spośród nich najsilniejsze objawy notowano dla bielika krzyżowych powodowanego przez *Albugo candida*, będącego jedynym przedstawicielem królestwa *Chromista* (organizmów grzybopodobnych), należącego do klasy *Oomycetes*. Natomiast sprawcami kolejnych czterech chorób były grzyby. Niezależnie od badanych czynników w bardzo zbliżonym stopniu liście chrzanu opanowały choroby takie jak: sucha zgnilizna,

cylindrosporioza oraz czerń krzyżowych. Odpowiednio wartość indeksu porażenia przez sprawców tych chorób mieściła się w bardzo wąskim przedziale od 37,95% do 40,77%. Najłabsze objawy notowano dla werciliozy powodowanej przez grzyba *Verticillium dahliae*.

Zróżnicowana ochrona pod względem doboru preparatów przeciw patogenom, stosowana na przestrzeni czterech lat wykazała małą do średniej skuteczność względem odnotowanych jednostek chorobowych. Średnio największą (38,03%) skuteczność ochrony notowano wobec cylindrosporiozy, co może świadczyć o największej wrażliwości wywołującego ją grzyba. Natomiast na zbliżonych poziomach kształtowała się skuteczność względem czerni krzyżowych i suchej zgnilizny kapustnych, a nieco niższym (25,27%) dla bielika krzyżowych. Stosowne zabiegi ochrony średnio w zaledwie 16,62% ograniczały rozwój werciliozy.

Niezależnie od sezonu wegetacji zastosowane warianty ochrony istotnie wpływały na parametry zdrowotności liści wyrażone indeksem oraz stopniem porażenia przez patogeny. Sumaryczny efekt występowania chorób na liściach chrzanu w analizowanych wariantach ochrony odzwierciedla siłę oddziaływania zastosowanych preparatów na patogeny chrzanu. Kształtował się on w zakresie od 122,25% dla pełnej ochrony chemicznej uwzględniającej sześciokrotną aplikację fungicydów, po ponad dwukrotny wzrost do 266,25% w obiekcie kontrolnym. Konsekwentnie pod wpływem ochrony chemicznej (Ch) notowano średnio dwukrotnie mniejsze nasilenie objawów chorób takich jak: bielik krzyżowych ($I_p = 29,08\%$), sucha zgnilizna kapustnych ($I_p = 26,01\%$), czerń krzyżowych ($I_p = 26,47\%$), wercilioza ($I_p = 18,08$) oraz prawie trzykrotnie mniej cylindrosporiozy. Sumaryczny efekt występowania chorób w pozostałych dziewięciu wariantach ochrony był większy niż w ochronie chemicznej. Ponadto bardziej zróżnicowany pod względem nasilenia występowania poszczególnych jednostek chorobowych. Liście chrzanu z obiektu kontrolnego były w takim samym stopniu porażone przez *V. dahliae*, jak w obiektach z chemicznym i biologicznym zaprawianiem sadzonek (ZCh1, ZCh2, ZB1, ZB2). Zaprawianie sadzonek, okazało się najmniej skuteczną formą ochrony chrzanu również przed patogenami takimi jak: *L. maculans* i *L. biglobosa*, *P. brassicae*. W przypadku zaprawiania sadzonek biopreparatem Polyversum WP notowano nawet istotny wzrost indeksu porażenia liści przez *A. candida*.

Choroby infekcyjne korzeni

Choroby korzeni w odróżnieniu od występujących na liściach bezpośrednio wpływają na wartość handlową chrzanu, dlatego mogą być większym problemem dla producentów. Zakłady przetwórstwa owocowo-warzywnego, które w 90% są bezpośrednimi odbiorcami surowca od rolników, stawiają wymagania dotyczące jego jakości. Korzenie przeznaczone do

przemysłu spożywczego powinny odznaczać się gładką, jasną skórką, pozbawioną defektów w postaci: spękań, deformacji, uszkodzeń spowodowanych przez szkodniki, nie są tolerowane również przebarwienia wewnętrzne.

Wyniki czteroletnich doświadczeń polowych wyraźnie obrazują, że spełnienie tych wymagań jest trudne. W badanym okresie powszechnie występowały choroby takie jak: sucha zgnilizna korzeni wywoływana przez kompleks grzybów z dominacją *R. solani* (*Thanatephorus cucumeris*) oraz czernienie pierścieniowe korzeni, którego głównym sprawcą jest *Verticillium dahliae* oraz wiele towarzyszących gatunków grzybów.

Niezależnie od lat, istotnie największy udział korzeni z objawami analizowanych chorób stwierdzano w obiekcie kontrolnym – nie objętym zabiegami ochrony przeciw chorobom. Sumarycznie najmniejszy odsetek korzeni z objawami chorób odnotowano w obiekcie pełnej ochrony chemicznej (Ch) oraz jej najbardziej zredukowanych wariantów R2 i R3. Jednakże taki sam nie różniący się istotnie odsetek korzeni z objawami suchej zgnilizny notowano również w obiektach ochrony biologicznej (B1 i B2). Z kolei wariant B2 ochrony biologicznej z zaprawieniem sadzonek biostymulatorem Kelpak SL w takim samym stopniu ograniczał występowanie korzeni z objawami czernienia pierścieniowego jak R1 o zredukowanej do 3 zabiegów fungicydami, dwukrotnej aplikacji biopreparatów oraz jednokrotnej biostymulatorem Kelpak SL. Natomiast ilość korzeni z czernieniem pierścieniowym w obiekcie chronionym biologicznie (B1), w których sadzonki zaprawiono *P. oligandrum* nie różniła się istotnie od wyników uzyskanych we wszystkich wariantach zaprawiania sadzonek chrzanu bez nalistnej ochrony przed chorobami (ZCh1, ZCh2, ZB1, ZB2).

Zależności między poszczególnymi jednostkami chorobowymi a plonem całkowitym i wyodrębnionych frakcji korzeni

Stwierdzono, że występuje istotna ujemna korelacja między nasileniem czterech jednostek chorobowych występujących na liściach a plonem: całkowitym, korzenia głównego oraz frakcji korzeni o długości powyżej 30 cm. Dotyczy to chorób takich jak: bielik krzyżowych, sucha zgnilizna kapustnych, cylindrosporioza oraz wercilioza. Jednak poziom tych zależności był zróżnicowany, na co wskazywały wartości współczynników korelacji. Z kolei nieistotne okazały się zależności między porażeniem liści przez patogeny a plonem frakcji korzeni o długości mniejszej niż 30 cm. Również nieistotną zależność odnotowano między indeksem porażenia przez *Alternaria* spp. a plonem całkowitym i jego frakcjami.

Bardzo przydatnymi predyktorami w szacowaniu wielkości plonu całkowitego korzeni chrzanu okazały się indeksy porażenia liści przez *P. brassicae*, *A. candida* oraz *V. dahliae*.

Spośród analizowanych chorób występowanie cylindrosporiozy najsilniej korelowało z plonowaniem, a współczynnik determinacji wskazywał, że 92,40% zmienności plonu jest wyjaśnione przez oszacowane równanie regresji. Zwiększenie o 1% indeksu porażenia liści przez *P. brassicae* powodowało zmniejszenie plonu o $1,04 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$. Tendencję zmian plonu od wzrostu nasilenia bielika krzyżowych w 81,3% opisuje model regresji. Wskazuje, że wzrostowi porażenia o 1% odpowiada spadek plonu o $1,10 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$. Z kolei wzrost o 1% nasilenia suchej zgnilizny kapustnych powoduje spadek plonu całkowitego korzeni o $1,30 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$. Dopasowane modele regresji wskazują, że werticilioza powoduje największy spadek plonu całkowitego korzeni chrzanu, każdy dodatkowy 1% indeksu porażenia wiąże się z utratą aż $2,55 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$ plonu.

Czernienie pierścieniowe korzeni silniej niż sucha zgnilizna ujemnie koreluje z plonowaniem. Model regresji wyjaśnia 80,4% zmienności całkowitego plonu od czernienia pierścieniowego, a od suchej zgnilizny tylko 47,9%. Jednakże dopasowane modele wskazują, że sucha zgnilizna powoduje większe zmniejszenie plonu. Zwiększeniu o 1% nasilenia suchej zgnilizny odpowiada zmniejszenie plonu o $3,06 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$. Z kolei wzrost indeksu porażenia dla czernienia pierścieniowego powoduje spadek plonu o $2,83 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Mikroorganizmy związane z czernieniem pierścieniowym korzeni chrzanu

Przy istotnym wpływie czynników pogodowych na aktywność ochronną zastosowanych preparatów do zaprawiania sadzonek, obserwowano również zmienną ilość jednostek tworzących kolonie CFU (colony forming unit) uczestniczących w procesie chorobowym czernienia pierścieniowego korzeni chrzanu. W 2014 roku chore korzenie pochodzące z obiektu ZB2, w których sadzonki zaprawiano biostymulatorem Kelpak SL (na bazie brunatnic *E. maxima*) oraz w ZB1 (biopreparatem *P. oligandrum*) zawierały w CFU (255 i 247). Z kolei ponad dwukrotnie mniejszą liczbę izolatów uzyskiwano w 2013 i 2015 roku z porażonych korzeni obiektu zaprawiania sadzonek tiofanatem metylowym.

Występuje istotna zależność między liczbą jednostek tworzących kolonie (CFU) a nasileniem czernienia pierścieniowego korzeni pochodzących z obiektów, w których sadzonki przed wysadzeniem zaprawiono biopreparatem Polyversum WP oraz biostymulatorem Kelpak SL.

W okresie czteroletnich badań z korzeni chrzanu objętych wyraźnymi objawami czernienia pierścieniowego wyosobniono 2667 izolatów. Spośród nich 92,80% w liczbie 2475 stanowiły grzyby oraz 7,20% *Globisporangium irregulare* (192 izolaty). Wyizolowane grzyby należały do 34 gatunków i reprezentowały 21 rodzajów w obrębie gromad: workowców (*Ascomycota*), podstawczaków (*Basidiomycota*) i sprzężniowców (*Zygomycota*).

Przy czym 17 rodzajów należących do *Ascomycota* stanowiło aż 83,24% ogółu wyizolowanych grzybów.

Na podstawie analizy mikologicznej ustalono, że wiodącą rolę w procesie patogenezы czernienia pierścieniowego korzeni chrzanzu odgrywa *V. dahliae*. Za ważne uznano również patogeniczne gatunki takie jak: *F. acuminatum*, *G. irregulare*, *I. destructans*, *A. brassicae*, *R. solani* oraz *E. nigrum*.

Pod wpływem preparatów zastosowanych do zaprawiania sadzonek chrzanzu obserwowano zmiany w udziale wyodrębnionych grup frekwencji oraz przynależących do nich gatunków grzybów. Do grupy eudominantów należał tylko *V. dahliae*, którego izolowano z największą częstością z porażonych korzeni obiektu kontrolnego (25,57%). Świadczy to, że testowane preparaty ograniczały rozwój tego gatunku. Przy czym najmniejszy jego udział na poziomie 11,22% notowano wśród izolatów uzyskanych z kombinacji zaprawiania sadzonek chrzanzu biostymulatorem.

Grupa dominantów okazała się najmniej zróżnicowana pod względem procentowego udziału w populacjach mikroorganizmów wyizolowanych z poszczególnych kombinacji zaprawiania sadzonek. Większe różnice dotyczyły składu gatunkowego. Spośród ośmiu gatunków zaliczonych do tej grupy, tylko *G. irregulare* występował w każdej kombinacji. Ponadto w randze dominantów znalazły się: *I. destructans*, *R. solani*, *F. acuminatum*, *E. nigrum*, *A. brassicae* oraz jednokrotnie w obiekcie kontrolnym *F. avenaceum*. Z obiektu zaprawiania sadzonek biostymulatorem izolowano 5,17% *T. viride*, podczas gdy przy chemicznej zaprawie w ogóle nie występował, a w pozostałych kombinacjach był zaliczony do subrecedentów. Podobna dysproporcja udziału dotyczyła *E. nigrum*, dominanta w obiektach zaprawiania preparatem Polyversum WP oraz biostymulatorem Kelpak SL i zarazem subrecedenta w chemicznym zaprawianiu sadzonek i recedenta w kontroli.

W kombinacji zaprawiania sadzonek biostymulatorem stwierdzono największą liczbę gatunków (11) w randze subdominantów o łącznym udziale 35,06%. Przy czym pięć z nich to gatunki należące do rodzaju *Fusarium* oraz *R. solani* (4,79%), *A. brassicae* (3,66%), *B. cinerea* (3,03%), *P. expansum* (2,52), *S. sclerotiorum* (2,40%), *C. lunata* (2,14%). Natomiast w kontroli oraz biologicznego zaprawiania sadzonek zanotowano spadek odpowiednio o 13,53% i 14,73% udziału tej grupy, co było związane z ograniczeniem do 7 i 6 gatunków. Stałymi subdominantami okazały się tylko *F. equiseti* i *F. proliferatum*.

Tabela 2. Częstość wyosobnień mikroorganizmów w zależności od preparatu stosowanego do zaprawiania sadzonek

Gromada	Rodzaj	Gatunek	Częstość izolowania [%]			
			ZCh2*	ZB1	ZB2	K
Ascomycota	<i>Acremonium</i>	<i>A. strictum</i>	0,00	0,14	0,38	0,00
	<i>Aspergillus</i>	<i>A. niger</i>	0,38	0,55	0,38	0,00
		<i>A. terreus</i>	0,00	0,27	0,38	0,32
	<i>Alternaria</i>	<i>A. brassicae</i>	4,41	6,55	3,66	6,15
		<i>A. alternata</i>	4,61	1,77	0,76	4,37
	<i>Botrytis</i>	<i>B. cinerea</i>	0,77	1,09	3,03	1,94
	<i>Chaetomium</i>	<i>C. globosum</i>	1,54	1,36	1,39	0,00
	<i>Clonostachys</i>	<i>C. rosea</i>	0,00	0,41	0,25	0,00
	<i>Culvularia</i>	<i>C. lunata</i>	0,77	1,91	2,14	1,29
	<i>Colletotrichum</i>	<i>C. acutatum</i>	2,88	1,77	1,89	3,07
	<i>Epicoccum</i>	<i>E. nigrum</i>	0,96	8,73	8,07	1,94
	<i>Fusarium</i>	<i>F. acuminatum</i>	7,87	4,37	5,67	9,87
		<i>F. avenaceum</i>	4,41	0,95	0,63	5,50
		<i>F. culmorum</i>	1,34	0,95	0,88	1,29
		<i>F. equiseti</i>	3,26	3,14	2,65	4,21
		<i>F. proliferatum</i>	3,45	3,55	4,41	3,24
		<i>F. solani</i>	1,92	2,59	4,29	3,40
		<i>F. incarnatum</i>	0,19	1,36	3,03	2,75
		<i>F. sambucinum</i>	1,34	1,91	0,76	1,46
	<i>F. oxysporum</i>	0,00	0,95	2,14	0,49	
	<i>Ilyonectria</i>	<i>I. destructans</i>	8,64	6,55	8,95	3,56
	<i>Penicillium</i>	<i>P. expansum</i>	4,03	2,86	2,52	0,49
		<i>P. verrucosum</i>	0,58	0,41	0,38	0,00
		<i>Penicillium spp.</i>	0,00	1,09	1,77	0,00
	<i>Phoma</i>	<i>P. herbarum</i>	0,19	0,41	0,25	0,00
		<i>D. glomerata (P. glomerata)</i>	0,00	0,82	0,25	0,81
		<i>J. eupyrena (P. eupyrena)</i>	0,58	0,68	1,39	0,00
	<i>Ulocladium</i>	<i>U. consortiale</i>	0,58	0,68	1,01	0,00
	<i>Sclerotinia</i>	<i>S. sclerotiorum</i>	2,69	3,82	2,40	0,81
	<i>Trichoderma</i>	<i>T. viride</i>	0,00	0,95	5,17	0,65
<i>Verticillium</i>	<i>V. albo-atrum</i>	1,73	1,50	1,64	1,29	
	<i>V. dahliae</i>	19,96	20,70	11,22	25,57	
Basidiomycota	<i>Rhizoctonia</i>	<i>R. solani</i>	8,25	5,46	4,79	5,83
Zygomycota	<i>Rhizopus</i>	<i>Rh. stolonifer</i>	0,58	1,50	1,51	0,00
	<i>Rhizomucor</i>	<i>Rhizomucor spp.</i>	0,00	0,95	0,13	0,00
	<i>Mucor</i>	<i>Mucor spp.</i>	0,19	0,14	0,88	0,00
Grzyby nieznanne			2,69	0,82	2,77	1,78
Oomycota	<i>Globisporangium</i>	<i>G. irregulare</i>	9,21	6,28	6,18	7,93
Grupa frekwencji	>10%	– Eudominanty	5,1–10%	– Dominanty	2,1–5,0%	– Subdominanty
	1,1–2,0%	– Recedenci	<1,0%	– Subrecedenci		

*ZCh2– Topsin M 500 SC; ZB1 – Polyversum WP; ZB2 – Kelpak SL; K – Kontrola

***Ocena bioróżnorodności społeczności mikroorganizmów związanych z czernieniem
pierścieniowym korzeni chrzanu***

Złożony charakter czynników etiologicznych wywołujących czernienie pierścieniowe chrzanu sprawia, że można rozpatrywać je jako mikroniszę ekologiczną lub „mikrosiedlisko”, które kształtują między innymi czynniki pogodowe oraz zabiegi zaprawiania sadzonek. Do oceny bioróżnorodności tych mikrosiedlisk wykorzystano powszechnie stosowane w ekologii wskaźniki bioróżnorodności. Oczywistym jest, że bioróżnorodność ta w porównaniu z występującą w glebie jest znikoma, ale wydaje się być istotna w procesie patogenezy czernienia pierścieniowego chrzanu.

Bogactwo gatunków (S) jest najprostszym i podstawowym kryterium oceny bioróżnorodności. Warunki środowiskowe w poszczególnych sezonach wegetacji oraz preparaty wykorzystane do zaprawiania sadzonek w takim samym stopniu kształtowały tę cechę. W analizowanych latach najmniejszą liczebność (bogactwo) gatunków na poziomie 27 zanotowano w sezonie o najcieplejszym i największym deficycie wody (2015). Natomiast w latach 2013–2014 wraz ze zwiększeniem notowanych opadów atmosferycznych bogactwo gatunków wzrosło do 38. Taką samą liczebność gatunków uzyskano w obiektach zaprawiania sadzonek preparatem Polyversum WP i biostymulatorem Kelpak SL. Z kolei w obiekcie kontrolnym bogactwo gatunków wynosiło 26. Wskaźnik ten daje równą wagę wszystkim gatunkom, co niedostatecznie charakteryzuje bioróżnorodność. Uzupełnieniem jest wskaźnik równocенności Shanonna (J'), którego wartości w zakresie od 0–1 informują o równomierności rozłożenia gatunków w danej populacji (1–całkowita równocенność). W przeprowadzonych badaniach jego wartość kształtowała się na poziomie 0,83–0,88. Przy czym najniższą wskazującą, że całkowita liczba mikroorganizmów jest najmniej równomiernie rozłożona między gatunki wyizolowane z porażonych korzeni, zanotowano w 2015 roku, oraz w obiektach chemicznego, biologicznego (*P. oligandrum*) zaprawiania sadzonek i kontroli. Natomiast największą jednolitością (0,88) charakteryzowały się społeczności mikroorganizmów kolonizujące porażone korzenie pochodzące z obiektu zaprawiania sadzonek biostymulatorem Kelpak SL, a także z 2012 roku.

Zależność między równocенnością a bogactwem gatunków wyraża wskaźnik wzajemności Simpsona (1/D), którego minimalna wartość 1 oznacza, że 1 gatunek reprezentuje społeczność. Sezon wegetacyjny 2012 roku najbardziej sprzyjał różnorodności społeczności mikroorganizmów kolonizujących korzenie chrzanu z objawami czernienia pierścieniowego. W obiekcie kontrolnym wskaźnik ten był najmniejszy i wynosił 9,93.

Zaprawianie sadzonek biostymulatorem w porównaniu z kontrolą ponad dwukrotnie zwiększało wartość tego wskaźnika (19,84).

Najlepiej w ocenie porównawczej sprawdza się wskaźnik Shanonna-Wienera, jego wartości wzrastają wraz ze wzrostem równomierności udziału gatunków. Adekwatnie największą różnorodność miały więc zbiorowiska mikroorganizmów o największej równocенności i bogactwie.

Reasumując, największą różnorodnością odznaczała się populacja mikroorganizmów kolonizująca porażone korzenie chrzanu pochodzące z obiektów zaprawiania sadzonek biostymulatorem Kelpak SL. Zachowaniu wysokiej bioróżnorodności sprzyjało również zaprawianie sadzonek biopreparatem Polyversum WP. Natomiast tiofanat metylowy w porównaniu do wyżej wymienionych zmniejszał bioróżnorodność. Najgorzej pod względem bioróżnorodności wypadła społeczność grzybów wyizolowana z korzeni chrzanu obiektu kontrolnego.

Wyliczone wskaźniki dla 16 analizowanych zbiorowisk mikroorganizmów wskazują, że wykorzystany do zaprawiania sadzonek biostymulator Kelpak SL oraz biopreparat Polyversum WP w każdym sezonie wegetacji przyczyniały się do zwiększenia bioróżnorodności. W porównaniu z nimi zbiorowiska grzybów wyizolowane z korzeni, które przed sadzeniem zaprawiono preparatem chemicznym charakteryzowały się mniejszą bioróżnorodnością. W obiekcie tym szczególnie w 2014 roku o optymalnej ilości opadów, bioróżnorodność była mniejsza niż w kontroli. Susza panująca w sezonie 2015 roku wpływała na zmniejszenie bioróżnorodności.

Analiza statystyczna wykazała, że występuje ujemna korelacja między wskaźnikami charakteryzującymi bioróżnorodność zbiorowisk mikroorganizmów kolonizujących korzenie chrzanu z objawami czernienia pierścieniowego, a nasileniem tej choroby. Spośród analizowanych wskaźników bogactwo gatunków istotnie korelowało z nasileniem czernienia pierścieniowego korzeni chrzanu. Chociaż współczynnik determinacji wskazywał, że tylko 36,1% zmienności choroby jest wyjaśnione przez oszacowane równanie regresji. Każdy pojawiający się dodatkowy gatunek mikroorganizmu wśród kolonizujących korzenie, przyczynia się do zmniejszenia nasilenia objawów czernienia pierścieniowego o 1,19%.

Wnioski z przeprowadzonych badań

1. Średni plon całkowity korzeni chrzanu kształtował się na poziomie $126 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$. W jego strukturze 56% przypada na korzeń główny, frakcja korzeni bocznych (sadzonek) o długości powyżej 20 cm stanowi 26%, a krótszych niż 20 cm 12%, plon nieużyteczny (odpady) 6%.

2. W lata o optymalnym zaopatrzeniu w wodę plon całkowity korzeni chrzanu średnio o $51 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$ był większy niż w sezonach o zaznaczającym się deficycie wody. Jednocześnie istotnie zwiększał się udział frakcji korzeni bocznych o długości powyżej 20 cm, a malał korzeni głównych, najkrótszych oraz odpadów.
3. Zastosowane zabiegi ochrony istotnie zwiększały plon całkowity korzeni chrzanu od 4, 6 do $45,3 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$ oraz udział w nim frakcji korzeni powyżej 30 cm. Większe efekty plonotwórcze uzyskiwano w wariantach o zredukowanej ilości nalistnych aplikacji fungicydów kosztem wprowadzenia biopreparatów i biostymulatorów (R1, R2, R3) oraz ochronie chemicznej (Ch) niż w biologicznej (B1, B2) i przy ograniczeniu zabiegów tylko do zaprawiania sadzonek. Największych przyrostów można oczekiwać po zaprawieniu sadzonek Topsin M SC i opryskiwaniu liści: 1 x Amistar Opti 480 SC, 1x Polyversum WP, 1x Timorex Gold 24 EC oraz trzykrotnie biostymulatorami (2 x Kelpak SL + 1 Tytanit).
4. W perspektywie wzrastającego w województwie łódzkim deficytu wody, spośród metod biologicznej ochrony wariant (B2) z zaprawianiem sadzonek biostymulatorem Kelpak SL (na bazie auksyn i cytokinin z alg *E. maxima*) jest bardziej rekomendowany niż (B1) uwzględniający wykorzystanie zarodników *Pythium oligandrum*.
5. Liście chrzanu najbardziej zagrożone były przez bielika krzyżowych (*Albugo candida*), w mniejszym nasileniu występowały choroby grzybowe takie jak: sucha zgnilizna kapustnych (*L. maculans* i *L. biglobosa*), cylindrosporioza (*P. brassicae*), czern krzyżowych (kompleks *Alternaria* spp.) oraz w najmniejszym wercilioza (*V. dahliae*). Na powierzchni korzeni stwierdzono suchą zgniliznę, a wewnątrz korzenia czernienie pierścieniowe.
6. Nasilenie chorób zależało istotnie od warunków hydrotermicznych panujących w okresie wegetacji oraz zastosowanej ochrony. Najlepszą zdrowotność liści i korzeni zapewniała pełna ochrona chemiczna (zaprawianie sadzonek + 6 aplikacji nalistnych) Podobny efekt ochrony przed *A. candida* i *P. brassicae* osiągnięto w przypadku zredukowanej ochrony chemicznej do jednego zabiegu nalistnego fungicydem syntetycznym oraz dwukrotnego preparatów biologicznych (Polyversum WP i Timorex Gold 24 EC) i trzykrotnego biostymulatorów (2 x Kelpak SL, 1 x Tytanit).
7. Porównywalny z chemiczną ochroną poziom ograniczenia chorób korzeni zapewniały jej zredukowane warianty R3 i R2, a w przypadku suchej zgnilizny korzeni dodatkowo obydwie warianty ochrony biologicznej (przy użyciu do zaprawiania sadzonek preparatów Polyversum WP oraz biostymulatora Kelpak SL).
8. Indeksy porażenia liści przez *P. brassicae*, *A. candida* i *V. dahliae* oraz korzeni przez kompleks grzybów powodujących czernienie pierścieniowe są najbardziej przydatnymi predyktorami w szacowaniu plonu całkowitego oraz korzeni głównych i w mniejszym stopniu frakcji korzeni najdłuższych (powyżej 30 cm).

9. W procesie czernienia pierścieniowego korzeni chrzanu uczestniczyły 34 gatunki grzybów zaliczone do 21 rodzajów oraz *Globisporangium irregulare* należący do Oomycota. Stabilnością występowania i największą frekwencją odznaczały się: *V. dahliae* (37,4%), *G. irregulare* (7,2%), *I. destructans* (7,0%), *F. acuminatum* (6,7), *R. solani* (6,0%), *E. nigrum* (5,4%), *A. brassicae* (5,17%).
10. Zastosowane preparaty do zaprawiania sadzonek różnicowały ilościowo i jakościowo zbiorowiska mikroorganizmów wyizolowanych z porażonych korzeni chrzanu. Stwierdzono istotną ujemną korelację między liczebnością tych zbiorowisk (CFU) a nasileniem objawów czernienia pierścieniowego po użyciu Polyversum WP oraz Kelpak SL.
11. Biostymulator Kelpak SL oraz preparat biologiczny Polyversum WP (*P. oligandrum*) w odróżnieniu od zaprawy chemicznej Topsin M 500 SC (tiofanat metylowy), przyczyniały się do zwiększenia bioróżnorodności zbiorowisk mikroorganizmów związanych z czernieniem pierścieniowym korzeni chrzanu. Wraz ze wzrostem bioróżnorodności zmniejszało się nasilenie objawów tej choroby.
12. Występował istotny związek między bogactwem gatunków w zbiorowiskach wyizolowanych mikroorganizmów a nasileniem czernienia pierścieniowego korzeni chrzanu. Każdy dodatkowy gatunek przyczyniał się do zmniejszenia nasilenia objawów chorobowych o 1,19%.

Literatura

- Agneta R., Möllers C., Rivelli A.R. 2013. Horseradish (*Armoracia rusticana*), a neglected medical and condiment species with a relevant glucosinolate profile: A review. *Genet. Resour. Crop Evol.*, 60, 1923–1943.
- Azevedo A.M., Martins V.C., Prazeres D.M.F., Vojinovic V., Cabral J.M.S., Fonseca L.P. 2003. Horseradish peroxidase: a valuable tool in biotechnology. *Biotechnol. Ann. Rev.*, 9, 199–247.
- Baćmaga M., Wyszowska J., Kucharski J. 2016. The effect of the Falcon 460 EC fungicide on soil microbial communities, enzyme activities and plant growth. *Ecotoxicology*, 25(8), 1575–1587.
- Bałaśińska B., Nicolle C., Gueux E., Majewska A., Demigne Ch., Mazur A. 2005. Dietary horseradish reduces plasma cholesterol in mice. *Nutrition Research*, 25, 937–945.
- Bender S.F., Wagg C., Van der Heijden M.G.A. 2016. An underground revolution: biodiversity and soil ecological engineering for agricultural sustainability crossref. *Trends Ecol. Evolution*, 31(6), 440–452.
- Calabrone L., Larocca M., Manzocco S., Martelli G., Rossano R. 2015. Total phenols and flavonoids content, antioxidant capacity and lipase inhibition of root and leaf horseradish (*Armoracia rusticana*) extracts. *Food Nutr. Sci.*, 6, 64–74
- Ciska E., Horbowicz M., Rogowska M., Kosson R., Drabińska N., Honke J. 2017. Evaluation of seasonal variations in the glucosinolate content in leaves and roots of four European horseradish (*Armoracia rusticana*) landraces. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 67(4), 301–308.
- Gleń-Karolczyk K. 2015. Fungi settling horseradish roots depending on the applied protection. *J. Res. Appl. Agricult. Eng.*, 60(3), 52–56.
- Górecka K., Lehmann P. 2001. Infectious diseases of horseradish (*Cochlearia armoracia*) in Poland. *Plant Breeding and Seed Science*, 45(1), 55–64.
- Khan W., Rayirath U.P., Subramanian S., Jithesh M.N., Rayorath P., Prithiviraj B. 2009. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *J. Plant Growth Regul.*, 28, 386–399.

- Kosson R., Horbowicz M. 2008. Effect of long term storage on some nutritive components and isothiocyanates content in roots of two horseradish types. *Veg. Crop. Res. Bull.*, 69, 155-164.
- Macias W. 1996. Bielik krzyżowych – groźna choroba chrzanu. *Ochr. Rośl.*, 40, 11–12.
- Macias W. 1997. Ważniejsze choroby chrzanu i ich zwalczanie. *Nowości Warzywnicze*, 31, 27–36.
- Macias W., Robak J. 1999. Chemical control of white rust (*Albugo candida*) on horseradish (*A Armoracia rusticana*). *Vegetable Crops Research Bulletin*, 50, 55–60.
- Palanisamy S., Unnikrishnan B., Chen S.M. 2012. An Amperometric Biosensor Based on Direct Immobilization of Horseradish Peroxidase on Electrochemically Reduced Graphene Oxide Modified Screen Printed Carbon Electrode. *Int. J. Electrochem. Sci.*, 7, 7935–7947.
- Rivelli A.R., Lelario F., Agneta R., Möllers C., De Maria S. 2016. Variation of glucosinolates concentration and root growth of horseradish as affected by nitrogen and sulphur supply. *Plant Soil Environ.*, 62(7), 307–313.
- Rogowska M., Horbowicz M. 2004. Różnice w zasiedlaniu dwóch typów chrzanu przez pchełki (*Phyllotreta* spp.), tantsisia krzyżowiaczka (*Plutella xylostella* L.) i gnatarza rzepakowca (*Athalia rosae* L.). *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin*, 44(2), 1050–1053.
- Rogowska M., Szwejda J. 1998. Dynamika występowania niektórych szkodników chrzanu z uwzględnieniem zwalczania śmietki kapuścianej (*Delia radium* L.). *Prog. Plant Protect./Post. Ochr. Roślin*, 38(1), 180–185.
- Romeo L., Iori R., Rollin P., Bramanti P., Mazzon E. 2018. Isothiocyanates: an overview of their antimicrobial activity against human infections. *Molecules*, 23, 624.
- Savary S., Ficke A., Aubertot J.-N., Hollier C. 2012. Crop losses due to diseases and their implications for global food production losses and food security. *Food Security* 4, 519–537.
- Spadiut O., Herwig C. 2013. Production and purification of the multifunctional enzyme horseradish peroxidase. *Pharm. Bioprocess.*, 1(3), 283–295.
- Thompson B.E. 2004. USDA Forest Service Proceedings RMRS, 33, 72–79.
- Wagg C., Bender S.F., Widmer F., Van der Heijden M.G.A. 2014. Soil biodiversity and soil community composition determine ecosystem multifunctionality. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(14), 5266–5270.
- Wagner A.E., Boesch-Saadatmandi C., Dose J., Schultheiss G., Rimbach G. 2012. Anti-inflammatory potential of allyl isothiocyanate – role of Nrf 2, NF-κB and micro RNA-155. *J. Cell Mol. Med.*, 16, 836–843.
- Wedelsbäck Bladh K.W., Olsson K.M. 2011. Introduction and use of horseradish (*A Armoracia rusticana*) as food and medicine from antiquity to the present: Emphasis on the Nordic countries. *J. Herbs Spices Med. Plants.*, 17, 197–213.
- Weil J.M., Zhang Y., Nair M.G. 2005. Tumor cell proliferation and cyclooxygenase inhibitory constituents in horseradish (*A Armoracia rusticana*) and wasabi (*Wasabi japonica*). *J. Agric. Food Chem.*, 53(5), 1440–1444.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych

Ochrona roślin, którą w toku studiów magisterskich wybrałam jako specjalizację była podstawą do realizowania badań w tym zakresie po podjęciu pracy w Katedrze. Główne kierunki mojej działalności naukowej można ująć w trzy obszerne grupy tematyczne:

- zdrowotność i plonowanie roślin uprawnych pod wpływem różnych czynników agrotechnicznych, środowiskowych oraz stosowania chemicznych i niechemicznych metod ochrony,

- analiza mykologiczna nasion oraz społeczności mikroorganizmów związanych z chorobami o złożonej etiologii, występującymi na podziemnych organach roślin,
- wpływ czynników abiotycznych na grzyby fitopatogenne w warunkach *in vitro*.

Dwa pierwsze obszary badawcze wzajemnie uzupełniają się, dając wgląd nie tylko w epidemiologię chorób roślin, ale również w uczestniczące w niej mikroorganizmy. Trzeci o charakterze dychotomicznym z jednej strony jest próbą poszukiwania alternatywnych dla środków chemicznych substancji o działaniu fungicydalnym. Z drugiej stanowi wyjaśnienie reakcji grzybów chorobotwórczych na bezpośrednie działanie preparatów i środków stosowanych w nowoczesnych technologiach uprawy roślin.

Zdrowotność i plonowanie roślin uprawnych pod wpływem różnych czynników agrotechnicznych, środowiskowych oraz stosowania chemicznych i niechemicznych metod ochrony

W ścisłych doświadczeniach polowych analizowano zdrowotność roślin takich jak: ziemniak, chrzan, bób, różnych gatunków zbóż. Wyniki tych badań oprócz wartości poznawczej mają charakter użyteczny w produkcji roślinnej.

W tym kierunku badawczym dużą część stanowią prace poświęcone nasileniu występowania w okresie pozbiorczym i przechowalniczym chorób bulw ziemniaka pod wpływem stosowania herbicydów, czy też nawożenia organicznego w płuznym i bezpłuznym systemie uprawy roli (**II.D.1, D.5–7, D.12–15, D.17–19, D.32, III.B6**). W pierwszych badaniach z tego zakresu **II.D.1** wykazano, że zwalczanie chwastów za pomocą herbicydu Afalon 50 WP (linuron) może przyczynić się do zmniejszenia nasilenia ospowatości bulw powodowanej przez *Rhizoctonia solani* oraz suchej zgnilizny (*Fusarium* spp.). Mechanizm ochronnego działania zależy od gatunku patogena. W przypadku *R. solani* jest on prawdopodobnie związany z osłabieniem saprotroficznej aktywności grzyba w glebie. Natomiast u *Fusarium* spp. wynika ze zmiany stanu fizjologicznego traktowanych roślin. Ponadto linuron silnie ograniczał występowanie parcha zwykłego powodowanego przez bakterie *Streptomyces scabies* (**II.D.17**). Ryzykowne w uprawie ziemniaka może być użycie herbicydu Stomp 400 EC (pendimetalina), który sprzyjał kontaminacji sklerot *R. solani* na bulwach ziemniaka oraz zwiększał odsetek bulw z objawami mokrej zgnilizny. Herbicydy powodowały wzrost zawartości azotanów w bulwach ziemniaka, a szczególnie połączenie metrybuzyny z flurochloridonem (**II.D.18**).

Wykorzystaniem nawozów organicznych takich jak: obornik, resztki poźniwne, słoma jęczmienna i międzyplon gorczycy białej w płuznym i bezpłuznym systemie uprawy roli zajmowałam się w trakcie pracy doktorskiej. Realizację tych badań finansowało MNiSW w

ramach przyznanego grantu promotorskiego nr 6P06R 080 21. Wyniki badań zamieszczono w publikacjach (**II.D.12–14, D.19, D.32, III.B.6**). Dokonano oceny chemicznej testowanych nawozów organicznych, oraz jak pod ich wpływem kształtuje się zawartość azotu azotowego i amonowego w glebie (**II.D.13, 14**). Dowiedziono, że wprowadzane do gleby nawozy organiczne oraz sposoby uprawy nie zmieniają zawartości azotu amonowego. W wyniku nawożenia słomą jęczmienną w glebie oraz bulwach wzrastała zawartość N–NO₃ oraz pogarszała się trwałość przechowalnicza bulw ziemniaka na skutek intensywnego rozwoju mikroorganizmów powodujących mokrą i suchą zgniliznę bulw. Poza tym w bulwach wzrastała zawartość suchej masy, azotu ogółem, białka (**II.D.19**). Z kolei obornik i gorczyca biała przyczyniały się do zmniejszenia gromadzenia azotanów w bulwach ziemniaka. Dodatkowo nawożenie obornikiem ograniczało porażenie bulw przez *S. scabies* i *R. solani* (**II.D.32, III.B.6**). Uproszczony sposób uprawy roli (bezplużny) w porównaniu z plużnym, obniżał o 7% plon oraz zwiększał porażenie bulw przez *S. scabies* i *R. solani*. Natomiast ilość zgnilizn powstałych w czasie przechowywania ziemniaka nie zależała od sposobu uprawy roli (**II.D.12**). W kolejnych badaniach realizowanych we współpracy z Katedrą Agrotechniki i Ekologii Rolniczej porównywano wpływ nawożenia NPK i różnego rodzaju substancji organicznych (obornik, międzyplon gorczyca biała oraz słoma z: jęczmienia jarego, pszenżyta ozimego i łubinu żółtego), na zdrowotność bulw ziemniaka odmiany Mila (**II.D.5–6**). W ocenie wykonanej po zbiorze wykazano, że międzyplon ścierniskowy z gorczycy białej w połączeniu z obornikiem, czy też ze słomą jęczmienia jarego powodował istotne zwiększenie udziału bulw ospowatych (*R. solani*). Natomiast podczas przechowywania mokra zgnilizna bulw najintensywniej występowała w partii bulw pochodzących z obiektów nawożonych słomą łubinu żółtego. Rozwojowi suchej zgnilizny sprzyjał międzyplon gorczycy białej z dodatkiem słomy zbóż (pszenżyta ozimego i jęczmienia jarego). Z kolei zdrowotność oraz plon ziemniaka uprawianego w warunkach górskich 545–570 m n.p.m. determinowało położenie na stoku (**II.D.7**). Niezależnie od odmiany w strefie górnej o największym nachyleniu (16,65%) uzyskiwano najniższe plony, ale bulwy były najslabiej porażone przez *S.scabies* i *R.solani*.

W obszarze moich zainteresowań naukowych w omawianym kierunku badawczym były także mieszanki zbożowe. Część tych badań przeprowadziłam w warunkach górskich. Uprawa pszenżyta jarego w siewie czystym i mieszankach z owsem oraz owsem i jęczmieniem, wykazała pogorszenie ich stanu fitosanitarnego w górnej strefie stoku (**II.D.9**). Przede wszystkim zwiększyło się porażenie kłosów przez *Fusarium* spp. oraz podstawy źdźbła przez *Pseudocercospora hepotrichoides*, *Gaeumannomyces graminis*, *Fusarium*

spp. Udział owsa w mieszankach przyczyniał się do zmniejszenia nasilenia septoriozy na liściach pszenżyta jarego, ale sprzyjał porażeniu przez *Puccinia recondita*, kłosów przez *Fusarium* spp. i nie miał istotnego wpływu na choroby podstawy źdźbła. Warunki Beskidu Niskiego różnicowały także zdrowotność jęczmienia jarego oraz jego mieszanek ze zbożami w uprawie ekologicznej i konwencjonalnej (**II.D.65, 72**). W dolnej strefie stoku, ekologiczna uprawa w porównaniu z konwencjonalną zapewniała słabsze porażenie podstawy źdźbła jęczmienia jarego przez *P. hepotrichoides* oraz liści przez *Rhynchosporium secalis*, *Pyrenophora teres*, *Helminthosporium graminearum*. Natomiast w strefie środkowej indeks porażenia liści przez *H. graminearum* był już istotnie większy niż w uprawie konwencjonalnej. W mieszankach trójgatunkowych strefy środkowej stwierdzano najmniejsze nasilenie łamliwości podstawy źdźbła jęczmienia oraz plamistości siatkowej. Siewy mieszane trójgatunkowe zapewniały także lepszą zdrowotność pszenicy i pszenżyta, co wykazywano w doświadczeniach przeprowadzonych we współpracy z Zakładem Szczegółowej Uprawy Roślin Instytutu Produkcji Roślinnej (**II.D.74, II.D.77**). W mieszance, w której pszenica ozima i pszenżyto ozime stanowiły po 25% udziału, a trzecim komponentem było żyto (50%) stwierdzono istotne ograniczenie rozwoju septoriozy liści i plew (*Leptosphaeria nodorum*) oraz fuzaryjnej zgorzeli podstawy źdźbła (*Fusarium* spp.). Do bardzo ważnych czynników kształtujących stan fitosanitarny pszenicy jarej należy przedplon oraz sposób uprawy (**II.D.25**). Eksperyment polowy z tego zakresu obejmował cztery rodzaje przedplonów (bobik tradycyjny, bobik samokończący oraz te gatunki z rzodkwią oleistą) w płuźnym i bezpłuźnym sposobie uprawy. Indeksy porażenia pszenicy jarej przez patogeny grzybowe wskazywały na możliwość stosowania uproszczeń w uprawie pszenicy jarej przy zastosowaniu odpowiedniego przedplonu. Przy czym najkorzystniejszym okazał się bobik samokończący, który najsilniej ograniczał rozwój *Leptosphaeria* spp. na liściach pszenicy, a bobik tradycyjny z rzodkwią oleistą nasilał. Wśród zbóż owies uznany jest za gatunek fitosanitarny, który nie przenosi chorób podsuszkowych. Jednak jego fyllosferze zagrażają patogeny takie jak: *Erysiphe graminis*, *Drechslera avenaena*, *Ascochyta* spp., *Fusarium* spp., *L. nodorum* oraz wirus żółknięcia liści i karłowacenia jęczmienia (BYDV) (**II.D.32**). Nowe rody owsa nagoziarnistego STH 7105 i 7505 w porównaniu z odmianą Polar wykazały istotnie większą odporność na *D. avenaena*, ale były silniej porażone przez *E. graminis* szczególnie przy gęstości siewu wynoszącym 800 szt. · m⁻². W warunkach klimatycznych Małopolski, na glebach kompleksu pszennego bardzo dobrego, gęstość siewu (100, 200, 400 i 800 szt. · m⁻²) nie ma istotnego wpływu na nasilenie występowania pozostałych chorób grzybowych owsa oraz na procentowy udział roślin uszkodzonych przez skrzypionki, wciornastki i miniarki.

Natomiast gęstość siewu w ilości 100 szt. · m⁻² przyczyniała się do istotnego zwiększenia uszkodzeń powodowanych przez mszyce i nasilenia porażenia przez wirusa BYDV. Badania nad zdrowotnością zbóż zamyka praca **II.D.55**. W uprawie jęczmienia jarego odmiany Poldek, porównano ochronną rolę donasiennego nawozu Teprosyn Mn z zaprawą chemiczną Raxil Gel 206. Testowane preparaty istotnie ograniczały nasilenie: plamistości liści (kompleks grzybów *Bipolaris sorokiniana* i *Fusarium* spp.), pasiastości liści jęczmienia (*Pyrenophora graminea*), fuzaryjnej zgorzeli podstawy źdźbła (*Fusarium* spp.) oraz plamistość kłosów (*B. sorokiniana*). Teprosyn Mn wykazał istotnie większą skuteczność w ograniczeniu występowania pasiastości liści jęczmienia. Wyrazem tego jest o 23,4% mniejszy udział roślin porażonych przez *P. graminea* oraz o 14,4% niższa wartość indeksu porażenia.

W moich badaniach szczególne miejsce wśród analizowanych gatunków roślin zajmuje chrzan. Pochodząc z rejonu, o największej koncentracji plantacji chrzanu w Polsce oraz rodziny od pokoleń kultywującej tradycję uprawy tego gatunku, poznałam problemy, z którymi borykają się rolnicy. Rozwiązania ważniejszych z nich przedstawiłam w załączonej monografii. Wcześniejsze badania koncentrowały się wokół dolistnego dokarmiania roślin chrzanu, które jest ważnym elementem agrotechniki w obszarach objętych suszą uniemożliwiającą pobieranie składników odżywczych z gleby. Nawozy dolistne oprócz korzystnego wpływu na plonowanie mogą również oddziaływać na zwiększenie odporności roślin na choroby. W opublikowanych pracach szeroko analizowałam plonotwórczą rolę oraz przydatność dokarmiania dolistnego do ochrony chrzanu przed chorobami grzybowymi (**II.D.27, 34**). W okresie wegetacji w czterech etapach zastosowano nawożenie dolistne (I – faza rozety 6–8 liści: Mikrovit Fe, Siarczan magnezu jednowodny, Tytanit, Mocznik; II – przed zwarciem międzyrzędzi: Mikrovit Mn, Alkalin PK 10:20, Siarczan magnezu jednowodny, Tytanit, Mocznik; III – zwarcie międzyrzędzi: Wapnovit, Alkalin potasowy, Tytanit, Mocznik; IV – I dekada września: Foster, Mikrovit Zn, Siarczan magnezu jednowodny, Tytanit. Wyniki odnoszono do uzyskanych w tradycyjnej ochronie chemicznej obejmującej zabiegi fungicydami: Topsin M 500 SC, Penncozeb 80 WP, Ridomil Gold MZ 68 WP, Dithane 455 SC. Nawożenie dolistne przyczyniło się do istotnego wzrostu plonu całkowitego oraz handlowego korzeni chrzanu, a także zwiększenia udziału w nim frakcji sadzonek o długości powyżej 25 cm. Zastosowane nawozy dolistne wykazały właściwości fungicydalne w odniesieniu do *Verticillium dahliae* powodującego czernienie pierścieniowe chrzanu oraz *Phoma lingam* (sucha zgnilizna kapustnych). W porównaniu z fungicydami nieco słabiej chroniły przed czernią krzyżowych (*Alternaria* spp.) i cylindrosporiozą (*Cylindrosporium concentricum*). Natomiast ochrona chrzanu przed bielikiem krzyżowych

A. candida) była możliwa jedynie przy użyciu fungicydów.

Niestety fungicydy syntetyczne mogą być przyczyną pogorszenia jakości korzeni chrzanu. Zgodnie z wymaganiami Unii Europejskiej w surowcach przeznaczonych do przemysłu przetwórczego nie dopuszcza się pozostałości pestycydów. Dlatego w latach 2008–2010 przeprowadzono badania, w których ochronę przed chorobami wykonano metodą biologiczną z wykorzystaniem biopreparatu Polyversum WP i preparatów zawierających substancje naturalne: Biosept 33 SL, Biochikol 020 PC, Bioczoz BR (**II.D.49**) Porównawcza ochrona chemiczna bazowała na fungicydach syntetycznych: Topsin M 500 SC, Penncozeb 80 WP, Amistar 250 SC, Tebu 250 EW, Dithane Neo Tec 75 WG. Ochrona chemiczna w porównaniu z biologiczną dawała lepsze efekty plonotwórcze. Wartość plonu całkowitego korzeni chrzanu z hektara przy takim samym udziale odpadów była wyższa średnio o 1,23 t, a plonu handlowego o 1,24 t. Metoda chemiczna odznaczała się większą skutecznością wobec *Alternaria* spp. i *A. candida* porażających liście chrzanu, z kolei biologiczna dawała najlepsze efekty w zwalczaniu cylindrosporiozy.

W późniejszych latach biologiczne metody ochrony wielokrotnie były tematem podejmowanych badań (**II.D.31, 61**). Między innymi wykazano w nich, że efektywne mikroorganizmy (EM) skutecznie chronią pszenicę przed grzybami porażającymi liście. Z kolei wodne wyciągi sporządzone z ziela pokrzywy, kory brzozy brodawkowatej i liści orzecha włoskiego aplikowane nalistnie i doglebowo ograniczają porażenie buraka ćwikłowego przez *Cercospora beticola* i pietruszki zwyczajnej korzeniowej przez *Erysiphe umbelliferarum*. W ramach projektu badawczego przeprowadzono obszernie eksperymenty nad wpływem sposobu ochrony na zdrowotność (**II.D. 48, 49, 50, 56, 57, 66, 73, 78**), entomofaunę i plonowanie bobu (**II.D.40, 43, 51, 52, 58, 59, 68, 75**). Wykorzystano w nich biopreparat Polyversum WP do zaprawiania nasion oraz preparaty biotechniczne Biosept 33 SL i Bioczoz BR aplikowane nalistnie z różną częstością. Uwzględniono również warianty siewu naprzemiennego bobu z kolendrą siewną i koprem włoskim. Wykazano, że zaprawy nasienne Vitavax 200 SL i Polyversum WP ograniczyły występowanie zgorzeli siewek. Odmiana Windsor Biały miała istotnie silniej porażane pędy przez *Botrytis fabae*, liście przez *Ascochyta fabae* i strąki przez *Botrytis cinerea*. Pełna chemiczna ochrona w postaci aplikacji nalistnej 2 x Decis 2,5 EC, 1 x Fastac 100 EC, 1 x Penncozeb 80 WP najskuteczniej chroniła liście przed czekoladową plamistością i rdzą, a strąki również przed czekoladową plamistością oraz askochytozą i rdzą. Pełna ochrona biologiczna istotnie ograniczyła występowanie rdzy oraz szarej pleśni na strąkach. Spośród zastosowanych kombinacji ochrony jedynie maksymalna liczba zabiegów środkami biotechnicznymi dorównywała pełnej

ochronie chemicznej przed *B. cinerea* i *Uromyces fabae*. Maksymalna ochrona chemiczna powodowała istotne zwiększenie plonu nasion, a także poprawienie parametrów biometrycznych z wyjątkiem liczby pędów. Natomiast siew współrzędny bobu z kolendrą siewną i koprem włoskim przyczyniał się do obniżenia plonu nasion i pogorszenia elementów jego oraz cech biometrycznych.

Analiza mykologiczna nasion oraz społeczności mikroorganizmów związanych z chorobami o złożonej etiologii, występującymi na podziemnych organach roślin

Dbłość o czystość mikrobiologiczną nasion jest jednym z nadrzędnych celów współczesnej produkcji roślinnej. Czynniki środowiskowe, agrotechniczne, stosowane zabiegi ochrony w znacznym stopniu mogą kształtować ilościowy i jakościowy skład grzybów zasiedlających nasiona. Na przestrzeni lat przeprowadzone przeze mnie analizy mykologiczne dotyczyły nasion zbóż, bobu, komosy ryżowej oraz gryki. Celem pierwszych badań z tego zakresu była ocena mykologiczna ziarna czterech gatunków zbóż: pszenicy (Torka), żyta (Bojko), jęczmienia (Rastik) i owsa (Polar) uprawianych przy zróżnicowanym nawożeniu mineralnym z wykorzystaniem: NPK i nowego nawozu wapniowo-magnezowego PRPSol oraz bez nawożenia mineralnego (**III.B. 23 i 30**). Wykazano, że zbilansowana dawka NPK z udziałem PRPSol nie tylko zwiększała plon ziarna zbóż, ale także odporność owsa (Polar) na czynniki infekcyjne. Z kolei ziarno żyta, jęczmienia i pszenicy z tego obiektu nawozowego było w większym stopniu opanowane przez grzyby niż w kontroli. Przy czym najliczniejsze zbiorowisko grzybów wyosobniono z ziarna jęczmienia (436), w którym dominowały: *Alternaria alternata* (19%), *Bipolaris sorokiniana* (16,2%), *Fusarium poae* (8,9%) i *F. solani* (7,4%). Zróżnicowanie wśród dominujących gatunków grzybów zaznaczyło się również w odniesieniu do pozostałych zbóż. Niezależnie od gatunku zboża w populacji wyizolowanych grzybów, organizmy patogeniczne stanowiły od 76,1% do 91,7%, z czego 33,1–53,7 % przypadało na gatunki należące do rodzaju *Fusarium* (*F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. graminearum*, *F. heterosporum*, *F. oxysporum*, *F. poae*, *F. solani*). Z kolei grzyby saprobiontyczne z największą częstością reprezentowały: *Cladosporium herbarum*, *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp.

Analizowałam również czystość mykologiczną nasion bobu w zależności od skażenia gleby metalami ciężkimi (**II.D.35**). Ocenie poddano nasiona bobu odmiany Windsor Biały pochodzące z eksperymentu polowego, w którym glebę uprawną skażano metalami ciężkimi: kadmem, ołowiem, miedzią, niklem. Wyodrębniono również obiekt nawożony nawozami mineralnymi NPK oraz kontrolny. Wykazano, że badany czynnik silnie modyfikował stopień zasiedlania oraz skład gatunkowy grzybów izolowanych z nasion bobu. Grzyby patogeniczne

stanowiły wysoki procentowy udział zwłaszcza w obiektach pochodzących z uprawy bobu na glebach skażonych kadmem (92,81%), niklem (87,5%) oraz miedzią (81,25%). Z badanego materiału izolowano przede wszystkim gatunki: *F. culmorum*, *F. poae*, *Botrytis cinerea*, *Sclerotinia sclerotiorum*. Natomiast mniejszy udział stanowiły: *A. alternata*, *Penicilium* spp., *Aspergillus* spp., *Mucor* spp., *Rhizopus* spp.). Kolejne badania dowiodły, że liczebność i skład gatunkowy grzybów zasiedlających nasiona bobu mogą modyfikować preparaty wykorzystane do przedsiewnego zaprawiania nasion (**II.D. 41**). Z nasion pochodzących z uprawy bobu, którego nasiona przedsiewnie zaprawiono biopreparatem Polyversum WP wyizolowano ponad dwukrotnie więcej izolatów grzybów (381) niż przy zastosowaniu zaprawy chemicznej Vitavax 200 FS (175). Ponadto najmniej liczebna społeczność wyizolowanych grzybów była także słabo zróżnicowana, a gatunki patogeniczne miały w niej aż 79,98% udział. Natomiast największą różnorodność gatunkową grzybów i najbardziej wyrównany stosunek patogenów do saprobiontów notowano w obiekcie kontrolnym. Rośliny towarzyszące takie jak koper włoski i kolendra siewna uprawiane naprzemian rzędowo z bobem nie wpływały istotnie na uszkodzenie nasion przez strąkowca bobowego oraz zróżnicowanie składu ilościowego i jakościowego grzybów zasiedlających nasiona bobu (**II.D.42**). Łączna liczba wyosobnionych izolatów w tych kombinacjach była na poziomie 378–398, a w nasionach z siewu czystego 199. W populacji grzybów kolonizujących nasiona uszkodzone większość (57–64%) stanowiły saprotrofy: *Penicilium* spp., *C. herbarum*, *Aspergillus* spp. Z kolei z nasion nieuszkodzonych wyosobniono głównie grzyby patogeniczne: *Fusarium* spp., *B. cinerea*, *S. sclerotiorum*. Nasiona bobu pochodzącego z obiektów chronionych biologicznie (Polyversum WP, Bioczoz BR, Biosept 33 SL), były ponad dwukrotnie liczniej (469) kolonizowane przez grzyby niż w ochronie chemicznej (Vitavax 200 FS, Decis 2,5 EC, Fastac 100 EC, Penncozeb 80 WP) (**II.D. 53**). Rodzaj zastosowanej ochrony modyfikował udział gatunków patogenicznych i saprotroficznych w ogólnej populacji grzybów zasiedlających nasiona bobu odmiany Windsor Białą. W przypadku ochrony chemicznej udział patogenów stanowił średnio 68%, a w biologicznej 43%. Z kolei warianty z dwu i trzykrotną nalistną aplikacją preparatu Bioczoz BR i jednokrotną – Biosept 33 SL najbardziej sprzyjały kolonizacji nasion przez organizmy saprobiontyczne (**II.D.54**). Wykazałam także, że zastosowane warianty ochrony poprawiały czystość mykologiczną nasion bobu odmiany Hangdown Białą (**II.D.67**). Najlepsze i porównywalne efekty notowano w kombinacjach z wykorzystaniem zaprawy nasiennej Vitavax 200 SL i późniejszą trzykrotną nalistną aplikacją insektycydów i fungicydu oraz zaprawy biologicznej Polyversum WP i czterokrotnym opryskiwaniem preparatami

biotechnicznymi. Uprawy współrzędne bobu z koprem włoskim i kolendrą siewną sprzyjały kolonizacji nasion przez grzyby. Szczególnie sąsiedztwo z koprem włoskim wzbogacało zbiorowisko grzybów zasiedlających nasiona bobu odmiany Hangdown Biały w *Penicillium* spp. (34,6%). Niezależnie od ochrony największą frekwencję notowano dla: *A. alternata* (28,6%), *B. cinerea* (12,3%), *Epicoccum nigrum* (5,1%) oraz rodzaju *Penicillium* (22,3%).

W pracy **II.D.60** przedstawiono analizę mykologiczną korzeni chrzanu. Uzyskano łącznie 755 izolatów grzybów, które zaszeregowano do 14 rodzajów. Z największą częstością izolowano rodzaj *Fusarium* (35,75%), z przewagą *F. oxysporum* (14,6%), z innych rodzajów dominowały gatunki: *Verticillium dahliae* (15,9%), *A. alternata* (6,1%) oraz *Pythium irregulare* (5,16%). Stosowana ochrona wyraźnie ogranicza liczebność mikroorganizmów kolonizujących korzenie chrzanu. Przy czym chemiczna przeprowadzona preparatami: Topsin M 500, Dithane 455 SC, Penncozeb 80 WP, Amistar 250 w odróżnieniu od biologicznej (Biosept 33 SL, Bioczos BR, Biochikol 020 PC) sprzyjała większej liczebności, ale zubożeniu gatunkowemu społeczności mikroorganizmów wyizolowanych z korzeni. Fungicydy syntetyczne na ogół sprzyjały zasiedlaniu korzeni przez grzyby patogeniczne 83,9%. Z kolei preparaty biotechniczne gatunkom antagonistycznym takim jak: *Trichoderma harzianum* oraz *Trichoderma viride*, których nie stwierdzono w ochronie chemicznej.

Intensywne rolnictwo bazujące na syntetycznych pestycydach i nawozach mineralnych doprowadziło do utraty różnorodności biologicznej gleb, która przyczynia się do ograniczenia organizmów chorobotwórczych roślin. Kluczową rolę w przywracaniu różnorodności biologicznej i stabilności agregatów glebowych pełni nawożenie organiczne. Ziemiak jest rośliną dobrze reagującą na ten rodzaj nawożenia. Z drugiej strony jego bulwy zarówno w okresie wegetacji, jak i przechowalniczym narażone są na szereg infekcji powodowanych przez grzyby glebowe. Szczególnie duże znaczenie gospodarcze ma sucha zgnilizna choroba przechowalnicza o złożonym charakterze etiologicznym. W takim kontekście w pracy **II.A.1** oceniono wpływ różnych form nawożenia organicznego: obornika trzody chlewnej, międzyplonu gorczycy białej, resztek posprzętnych (ścierni jęczmienia), słomy jęczmiennej oraz łączenie słomy jęczmiennej i międzyplonu gorczycy białej na straty wywołane przez suchą zgniliznę. Pionierskim elementem badawczym była również ocena bioróżnorodności zbiorowisk grzybów oraz jej wpływ na rozwój suchej zgnilizny podczas przechowywania. Wykazałam, że 25 gatunków grzybów (14 patogenicznych, 6 saprobiontycznych i 5 antagonistycznych), było przyczyną suchego gnicia. Intensywność rozwoju suchej zgnilizny w największym stopniu determinował udział grzybów saprotroficznych w populacji grzybów zasiedlających gnijące bulwy, zwiększenie ich ilości zmniejszało odsetek bulw chorych.

Nawożenie obornikiem oraz przyoranie międzyplonu gorzycy białej sprzyjało kolonizacji bulw przez grzyby saprobiontyczne i antagonistyczne oraz zwiększeniu bioróżnorodności zbiorowisk grzybów, co skutkuje lepszą zdrowotnością. Następstwem stosowania słomy jak i braku nawożenia (przyoranie ścierni) była zwiększona frekwencja patogenów i obniżenie bioróżnorodności, a efektem silniejszy rozwój suchej zgnilizny.

W ostatnich latach (od 2015 roku) współpracując z Laboratorium Diagnostyki Mikrobiologicznej Jagiellońskiego Centrum Technologii wzbogaciłam warsztat identyfikacji mikroorganizmów o technikę spektroskopii masowej z użyciem desorpcji/ionizacji laserowej wspomaganą matrycą z analizatorem czasu przelotu (MALDI-TOF MS: Matrix Assisted Laser Desorption/Ionization Time - of - Flight Mass Spectrometry). Dzięki temu mogłam rozszerzyć zakres przeprowadzanych analiz mykologicznych. Między innymi wykonałam identyfikację mikroorganizmów liści komosy ryżowej, której wyniki były prezentowane na „X Conference *in vitro* cultures in plant physiology” (III.B.35). W latach 2016–2017 uczestnicząc w projekcie MRiRW pt. „Metody zaprawiania nasion metodami ekologicznymi: Wpływ biopreparatów na plonowanie, zdrowotność i jakość surowców pozyskiwanych z roślin gryki (*Fagopyrum esculentum* Moench), zidentyfikowałam mikroorganizmy kolonizujące orzeszki, kielki, liście oraz korzenie. Wyników tych badań jeszcze nie publikowałam, ale opracowane stanowią znaczną część raportu złożonego w MRiRW.

Wpływ czynników abiotycznych na grzyby fitopatogenne w warunkach *in vitro*

Realizowana przeze mnie tematyka badawcza od początku pracy naukowej jest związana z oceną bezpośredniego oddziaływania na grzyby fitopatogenne nawozów mikro- i makroelementowych (II.D.10, 16, 20, 22, 23, 29, 36, 38, 39, 45, 64) oraz bioregulatorów (II.D.21, 63) stosowanych w uprawach roślin. Powstałe prace z tego zakresu były efektem podejmowanej przeze mnie współpracy z przedsiębiorstwami produkującymi te preparaty.

W różnych okresach mojej pracy były to: Przedsiębiorstwo Intermag sp. z.o.o. w Olkuszu oraz Przedsiębiorstwo Wdrożeń i Zastosowań Biotechnologii i Inżynierii Genetycznej BIO-GEN sp. z.o.o. w Namysłowie. Praktyczne wnioski z tych badań upowszechniałam podczas przeprowadzanych szkoleń dla rolników (2005–2006), czy warsztatów dla pracowników ODR-ów (2014).

Wykazałam, że wiele z przebadanych preparatów w stężeniach odpowiadającym dawkom polowym, działa fungistatycznie, ograniczając rozwój strzępek oraz proces sporulacji grzybów. Siła tego oddziaływania zależy od gatunku grzyba, rodzaju i stężenia preparatu nawozowego (zazwyczaj maleje wraz ze zmniejszającą się koncentracją w podłożu hodowlanym). Badania przeprowadzałam na różnych gatunkach grzybów. Najczęściej

testowane należały do rodzaju *Fusarium*: *F. culmorum*, *F. solani*, *F. sulphureum*, *F. avenaceum*, *F. graminearum*, *F. poae*, *F. sporotrichoides* oraz *S. sclerotiorum*, *B. cinerea*, *R. solani*, *P. exiqa*. Natomiast do testowanych nawozów należały pojawiające się na rynku nowe preparaty nawozowe jedno i wieloskładnikowe takie jak: Insol – 7 (N, B, Zn, Mn, Cu), Yeald (N, Zn), Mikrovit Fe, Mikrovit Mn, Mikrovit Zn, Alkalin potasowy (N, K + mikroelementy), Plonochron potasowy (N, K, Mg + mikroelementy), Plonochron mikroelementowy (Mg, B, Cu, Zn, Mn, Fe, Mo), Plonochron kompletny (NPK, Mg + 20 mikroelementów), Fostar (N, P), Wapnovit (N, Ca, Mg, B, Zn), PRPSol (Ca, Mg), Teprosyn Mn oraz Siarczan magnezu i Mocznik. Wykazałam, że reakcja grzybów chorobotwórczych na zastosowane nawozy dolistne nie jest jednoznaczna. Koncentrat nawozowy Yeald w porównaniu do Insolu – 7 i Tytanitu silniej hamował rozwój *F. culmorum*, *F. solani* var. *coeruleum* oraz *F. sulphureum* (II.D.16). Z kolei wszystkie zastosowane dawki Tytanitu (obecnie zaliczanego do biostymulatorów roślin) w zakresie od 67% do 89% ograniczały przyrost biomasy *R. solani* o 83%. Natomiast najniższe ($0.0004 \text{ mm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$) stymulowały zarodnikowanie *F. culmorum*, *B. cinerea* i *S. sclerotiorum* (II.D.21). Również Mikrovit Fe w stężeniu 0,1 i $1,0 \text{ mm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ wzmacniał sporulację *F. culmorum*, natomiast Mikrovit Mn ograniczał ją oraz rozrost liniowy mycelium (II.D.20). Plonochron mikroelementowy i kompletny w dawce połowej silnie hamowały zarówno rozrost powierzchniowy grzybni oraz zarodnikowanie *F. avenaceum*, *F. coeruleum* i *F. graminearum* (II.D.22). Ostatni z wymienionych gatunków odznaczał się dużą wrażliwością na inne nawozy dolistne takie jak: Fostar i Wapnovit (II.D.29). W odróżnieniu od Wapnovitu, Fostar we wszystkich zastosowanych stężeniach wykazał silne właściwości fungistatyczne wobec grzybów należących do rodzaju *Fusarium*. Z kolei reakcja *P. exiqa*, *R. solani* oraz *S. sclerotiorum* na Fostar była dość zróżnicowana (II.D.38). W najwyższych stężeniach ($1,0$ i $0,1 \text{ mm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$) istotnie ograniczał rozwój kolonii wszystkich grzybów testowych. Przy czym gatunkami szczególnie wrażliwymi były *P. exiqa* i *R. solani*. Grzyby te podobnie jak *Fusarium* spp. wykazały dużą tolerancję na dodatek Wapnovitu do podłoża.

Łączne stosowanie dwóch lub większej ilości nawozów dolistnych jest często praktykowane w produkcji roślinnej. Badania laboratoryjne wykazały, że fungistatyczna aktywność mieszanin nawozowych jest efektem synergistycznego oddziaływania poszczególnych jej komponentów (II.D.45). Spośród analizowanych nawozów jedynie Siarczan magnezu wzmacniał wzrost mycelium i sporulację *F. culmorum*, *F. poae*, *F. sulphureum*. Dawki połowe pozostałych nawozów takich jak: Mikrovit Zn, Mikrovit Fe i Mocznik, silnie bądź bardzo silnie ograniczały rozrost ich kolonii i w większości przypadków

zarodnikowanie. Mikrovit Zn, średnio aż w 93% hamował rozrost powierzchniowy i 100% proces zarodnikowania. Słabszą efektywność fungistatyczną wykazywały mieszaniny: Mikrovitu Zn oraz Mikrovitu Fe z Mocznikiem i Siarczanem magnezu.

Nawozy wprowadzane do gleby kształtują jej właściwości biologiczne, liczebność populacji mikroorganizmów w tym patogenicznych dla roślin. W badaniach *in vitro* dawki polowe (2,0 i 1,0 mg · cm³) nawozu PRPSol ograniczały dynamikę wzrostu kolonii *F. sporotrichoides* (35,38%), *S. sclerotiorum* (32,68%) i saprotroficznego gatunku *T. harzianum* (14,5%) (**II.D.39**). Jeszcze słabszą inhibicję stwierdzono u *P. exiqa*. Niestety nawóz ten intensyfikował tempo wzrostu *F. solani* var. *coeruleum*, *F. sulphureum* i *F. poae*.

Współpracując z Katedrą Chemii Rolnej i Środowiskowej wykazałam, że wodne ekstrakty z gleb nawożonych NPK, NPK + Siarczan amonu, NPK + Potafoska istotnie osłabiają dynamikę wzrostu *R. solani* (**II.D.36**). Zatem można spodziewać się, że pod wpływem nawożenia w glebie zmniejszy się populacja tego polifagicznego grzyba. Ważne aspekty środowiskowe i epidemiologiczne przedstawiłam w pracy **II.A.2**. Wykazano, że w proces kompostowania odpadów pochodzenia roślinnego można włączyć materiały polimerowe takie jak: polietylen i termoplastyczną skrobię kukurydzianą bez pogorszenia cech fizykochemicznych uzyskanych kompostów. Wodne ekstrakty z tych kompostów oddziaływały supresyjnie w odniesieniu do: *F. culmorum*, *F. graminearum*, *S. sclerotiorum*, *R. solani* i *A. alternata*. Średnio w 22% hamowały rozrost powierzchniowy, 51% przyrost biomasy oraz 57 % zarodnikowanie. Największą wrażliwością na zastosowane ekstrakty odznaczały się *F. culmorum* oraz *S. sclerotiorum*. Natomiast ekstrakt z kompostu o największym udziale polietylenu w 87% blokował proces sporulacji *F. culmorum* i w 92% *F. graminearum*. Materiały polimerowe z największym (60%) udziałem termoplastycznej skrobi kukurydzianej osłabiały fungistatyczność kompostu.

Przeprowadzane przeze mnie badania były i dzięki kontynuowanej współpracy z Katedrą Chemii Rolnej i Środowiskowej, są skierowane na ocenę fungicydalnych właściwości osadów ściekowych wykorzystywanych w produkcji roślinnej. W tym zakresie przeprowadziłam analizy nad oddziaływaniem spirolizowanych osadów ściekowych na aktywność biologiczną grzybów chorobotwórczych roślin, a ich wyniki zaprezentowano na VII międzynarodowej konferencji „Toxic substances in environment” (**III.B.28b**). Wykazano, że spirolizowane osady ściekowe w niewielkim stopniu ograniczają rozrost liniowy i zarodnikowanie grzybów: *F. solani*, *P. exiqa*, *S. sclerotiorum* oraz stymulują *A. alternata*.

W ramach tej współpracy pracy powstały także prace **II.D.76** i **II.A.3.**, w których oceniano wpływ osadów ściekowych i odpadu celulozowego na rośliny. W dalszym

etapie planuję badania nad przydatnością odpadu przemysłu celulozowego do ochrony roślin przed chorobami infekcyjnymi.

Moje pierwsze poszukiwania alternatywnych sposobów zabezpieczania materiału siewnego przed patogenami koncentrowały się na wielościennych nanorurkach węglowych (II.D.30). Inicjatorem badań był Profesor Piotr Tomasik z Katedry Chemii. Wykazałam, że *F. culmorum* w porównaniu do *S. sclerotiorum* i *P. exiqa* silniej reaguje na nanorurki węglowe. Natomiast zmodyfikowane karboksylowane nanorurki węglowe silniej od wielościennych nanorurek węglowych ograniczają sporulację grzybów. Nie stwierdziłam ich wpływu na patogenność testowanych grzybów.

W warunkach *in vitro* badałam również reakcję *F. culmorum* i *S. sclerotiorum* na działanie widzialnego światła liniowo spolaryzowanego (II.D.23). Wydłużanie czasu ekspozycji grzybni testowanych patogenów na działanie tego światła, wpływało na zmniejszenie liczby wytwarzanych zarodników. Po sześciu godzinach obserwowano aż dziesięciokrotnie mniej makrokonidiów *F. culmorum* przy zwiększonym przyroście biomasy. Nie stwierdzono istotnego wpływu na biomasę *S. sclerotiorum*.

W swoim dorobku posiadam 8 prac (II.D.26, 37, 46, 47, 62, 69–71), które są efektem badań nad potencjałem fungistatycznym ekstraktów roślinnych i olejków eterycznych. Analizowałam wodne ekstrakty z mięty pieprzowej, kopru włoskiego, kolendry siewnej, pokrzywy zwyczajnej, kory brzozy brodawkowatej, liści orzecha włoskiego, komosy ryżowej oraz olejki: miętowy, eukaliptusowy, geraniowy, jałowcowy. Wykazałam, że dodane do podłoża hodowlanego PDA w różnych dawkach, modyfikowały wzrost liniowy, biomasę oraz zarodnikowanie grzybów fitopatogennych. Przy czym poszczególne gatunki grzybów odznaczały się różną wrażliwością na zastosowane substancje naturalne. Na ogół aktywność fungistatyczna olejków była większa niż ekstraktów wodnych. Stwierdziłam, że wodny ekstrakt mięty pieprzowej testowany na czterech gatunkach *Fusarium*, istotnie ograniczał rozwój jedynie *F. sulphureum* (II.D.26). Pomysł na wykorzystanie ekstraktów z kopru włoskiego i kolendry siewnej zrodził się podczas realizacji projektu MNiSW (N N310 038438). Okazało się, że niezależnie od stężenia ekstrakty te stymulują wzrost kolonii *F. avenaceum*, *F. sambucinum*, *F. oxysporum*, ale w zakresie od 40% do 81% hamują *F. culmorum* (II.D.46). Wyciąg z kory brzozy przyczyniał się do ograniczenia rozrostu mycelium *B. cinerea*, *F. culmorum*, *P. exiqa*, *S. sclerotiorum* w zakresie od 3,2–83,9% i biomasy 17,9–62,9%. Zaaplikowany do pożywki w stężeniu $50 \text{ mm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ całkowicie hamował zarodnikowanie *B. cinerea*. Również $25,0 \text{ mm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ ekstraktów z łodyg i kwiatostanów komosy ryżowej w odniesieniu do *B. cinerea* wykazały największą aktywność

fungistatyczną (**II.D.71**). Duże zainteresowanie wzbudzały wyniki badań, które prezentowałam na XI Światowym Kongresie Fitopatologicznym “Healthy plants – healthy people” (**III.B.31a**). Wykazałam w nich, że ekstrakty z różnych odmian Yerba mate znacznie silniej niż nanosrebro hamowały przyrost biomasy *S. sclerotiorum*, *F. culmorum*, *F. heterosporum*, *F. solani* var. *coeruleum*. *S. sclerotiorum* w porównaniu z *F. culmorum* i *F. solani* var. *coeruleum* jest bardziej wrażliwy na obecność w podłożu olejku miętowego i eukaliptusowego (**II.D.37**). Tylko większe dawki tych olejków 1,0 i 0,8 mm³ · cm⁻³ wykazywały właściwości fungistatyczne w odniesieniu do grzybów rodzaju *Fusarium*. Niezależnie od stężenia olejek geraniowy całkowicie hamował rozrost powierzchniowy kolonii: *F. culmorum*, *F. solani* var. *coeruleum*, *S. sclerotiorum*, *B. cinerea*, przyrost biomasy w zakresie od 70 do 85,3% oraz zupełnie blokował proces sporulacji *S. sclerotiorum* i *B. cinerea* (**II.D.62**). Natomiast olejek drzewa herbacianego w stężeniach 1,0 i 0,8 mm³ · cm⁻³ w 100% hamował wzrost liniowy testowanych grzybów. Dużym potencjałem fungicydalnym odznaczał się olejek jałowcowy (**II.D.69**). W każdym zastosowanym stężeniu bardzo silnie hamował wzrost liniowy i zarodnikowanie grzybów, które z największą częstotliwością izolowano z porażonych sadzonek chrzanu.

Podsumowanie bibliometryczne osiągniętego dorobku publikacyjnego

Mój dotychczasowy dorobek naukowy składa się z **82** oryginalnych publikacji zamieszczonych w recenzowanych czasopismach naukowych, z których **5** opublikowano w czasopismach znajdujących się w bazie JRC (Applied Soil Ecology, Science of the Total Environment, Environmental Science and Pollution Research, Ecological Chemistry and Engineering A (2015 r.), Journal of Ecological Engineering (2018), a ich łączny współczynnik oddziaływania IF zgodnie z rokiem opublikowania wynosi **10,346**.

Pozostałe prace opublikowano w czasopismach takich jak: Acta Agrophysica, Ecological Chemistry and Engineering A, Electronic Journal of Polish Agricultural Universities. Series Agronomy, Episteme, Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis, Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, Herba Polonica, Pestycydy, Polish Journal of Agronomy, Proceedings of ECOpole, Progress in Plant Protection, Zeszyty Problemowe Postępu Nauk Rolniczych.

W 7 publikacjach jestem samodzielnym autorem, w 29 – pierwszym autorem, 31 – drugim, 9 – trzecim, 5 – czwartym, a w 1 – piątym autorem.

Dotychczasowy dorobek naukowy przedstawiłam w tabeli 3.

Tabela 3. Dane bibliometryczne osiągniętego dorobku naukowego przed i po doktoracie

Wyszczególnienie	Przed doktoratem			Po doktoracie			Łącznie		
	liczba	pkt. MNiSW	IF	liczba	pkt. MNiSW	IF	liczba	pkt. MNiSW	IF
Publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w bazie JRC				5	128	10,346	5	128	10,346
Publikacje naukowe w czasopismach innych niż znajdujące się w bazie JRC	10	24		67	463		77	487	
RAZEM (zgodnie z rokiem wydania prac)	10	24		72	591	10,346	82	615	10,346
RAZEM (zgodnie z komunikatem MNiSW z dnia 9 grudnia 2016 r.)	10	95		72	872	10,346	82	967	10,346

Według wyceny punktowej czasopism zgodnie z rokiem wydania prac, nadanej przez ówczesny KBN (Komitet Badań Naukowych) i obecne Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, mój łączny dorobek naukowy wynosi **615 pkt.**, a Impact Factor **10,346**.

Zgodnie z załącznikami komunikatu MNiSW w sprawie wykazu czasopism naukowych z dnia 9 grudnia 2016 r. łączna punktacja mojego dorobku wynosi **967 pkt.**, a IF **10,346**.

Pozostałe osiągnięcia w zakresie pracy naukowej, dydaktycznej, popularyzatorskiej i organizacyjnej zostały przedstawione w załączniku 4 do niniejszego wniosku.

Kraków, 14.02.2019 r.


 podpis Wnioskodawcy