

Autoreferat

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

dr inż. Grażyna Szymańska

Katedra Agronomii

Wydział Rolnictwa, Ogrodnictwa i Biotechnologii

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Poznań, 2025 r.

OPIS DOROBKU I OSIĄGNIĘĆ NAUKOWYCH

dr inż. Grażyna Szymańska

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ul. Wojska Polskiego 28
60-637 Poznań

Katedra Agronomii
Wydział Rolnictwa, Ogrodnictwa i Biotechnologii
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ul. Dojazd 11
60-632 Poznań
e-mail: grazyna.szymanska@up.poznan.pl

Spis treści

1. Dane osobowe.....	4
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe	4
3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu	4
4. Omówienie osiągnięcia, o którym mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (dz. U. Z 2021 r. Poz. 478 z późn. Zm.)	5
4.1. TYTUŁ OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO.....	5
4.2. OMÓWIENIE CELU NAUKOWEGO OSIĄGNIĘCIA, OTRZYMANYCH WYNIKÓW WRAZ Z PRZEDSTAWIENIEM ICH EWENTUALNEGO WYKORZYSTANIA.....	5
4.2.1. Wprowadzenie	5
4.2.2. Problem badawczy i cel badań.....	11
4.2.3. Materiał i metody.....	111
4.2.4. Wyniki badań	122
4.2.5. Podsumowanie	166
4.2.6. Literatura	20
5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej	244
6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.....	455
6.1. OSIĄGNIĘCIA ZWIĄZANE Z DZIAŁALNOŚCIĄ DYDAKTYCZNĄ	455
6.2. OSIĄGNIĘCIA ZWIĄZANE Z DZIAŁALNOŚCIĄ ORGANIZACYJNĄ.....	46
6.3. OSIĄGNIĘCIA ZWIĄZANE Z DZIAŁALNOŚCIĄ POPULARYZATORSKĄ	47
7. Informacje dotyczące kariery zawodowej	48
7.1. INFORMACJE O DZIAŁALNOŚCI W WYDAWNICTWACH, W SZCZEGÓLNOŚCI MIĘDZYNARODOWYCH.....	48
7.2. INFORMACJE O UCZESTNICTWIE W PROGRAMACH EUROPEJSKICH	48
7.3. INFORMACJE O CZŁONKOSTWIE W MIĘDZYNARODOWYCH LUB KRAJOWYCH ORGANIZACJACH I TOWARZYSTWACH NAUKOWYCH	49
7.4. INFORMACJA O UDZIALE W KOMISJACH EKSPERCKICH W RAMACH WSPÓŁPRACY Z OTOCZENIEM SPOŁECZNYM I GOSPODARCZYM.....	49
7.5. INFORMACJE O UDZIALE W SZKOLENIACH, KURSACH I STAŻACH NAUKOWYCH	49
7.6. INFORMACJE O WYSTĄPIENIACH NA KRAJOWYCH LUB MIĘDZYNARODOWYCH KONFERENCJACH NAUKOWYCH.....	49
7.7. INFORMACJE O NAGRODACH I WYRÓŻNIENIACH.....	500
7.8. ZESTAWIENIE DOROBKU W ZAKRESIE OSIĄGNIĘĆ NAUKOWO-BADAWCZYCH	500

1. Dane osobowe

Imię i nazwisko: Grażyna Szymańska

Miejsce pracy: Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ul. Wojska Polskiego 28
60-637 Poznań

Dane kontaktowe: Katedra Agronomii
Wydział Rolnictwa, Ogrodnictwa i
Biotechnologii
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ul. Dojazd 11
60-632 Poznań
e-mail: grazyna.szymanska@up.poznan.pl

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe

2003 r. tytuł magister inżynier
Kierunek: Rolnictwo
Specjalność: Hodowla Roślin i Nasiennictwo

2002 – 2003 r. Studium Pedagogiczne
Politechnika Poznańska

2007 r. tytuł doktora w dziedzinie nauk rolniczych w dyscyplinie
agronomia
Akademia Rolnicza im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu
Wydział Rolniczy
Tytuł rozprawy: Reakcja wybranych odmian kukurydzy
na opóźnianie terminu zbioru
Promotor: Dr hab. Hanna Sulewska prof. nadzw.
Recenzenci: Prof. dr hab. Dorota Bobrecka-Jamro oraz
prof. dr hab. Tadeusz Michalski

3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu

1.10.2007 r. - 31.01.2008 r. **asystent** - AR im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu,
Wydział Rolniczy, Katedra Uprawy Roli i Roślin

01.02.2008 r. – obecnie **adiunkt** – AR im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu.
Obecnie Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,
Wydział Rolnictwa, Ogrodnictwa i Biotechnologii,
Katedra Agronomii

4. Omówienie osiągnięcia, o którym mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.)

4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

„Ocena wpływu warunków środowiskowych i agrotechnicznych na wzrost, plonowanie i jakość ziarna pszenicy orkisz (*T. aestivum* ssp. *spelta* L.) i pszenicy zwyczajnej (*T. aestivum* ssp. *vulgare*) oraz analiza emisji CO₂ powstającego podczas uprawy tych podgatunków”

4.2. Omówienie celu naukowego osiągnięcia, otrzymanych wyników wraz z przedstawieniem ich ewentualnego wykorzystania

4.2.1. Wprowadzenie

Z danych GUS wynika, że w 2022 roku powierzchnia uprawy zbóż w Polsce wynosiła ok. 7,2 mln ha, w tym ponad 2,5 mln ha zajmowała pszenica, co w skali kraju stanowiło 42,5% w strukturze zasiewów zbóż ogółem (GUS 2023). Pszenica zwyczajna, z uwagi na istotne znaczenie w żywieniu człowieka i zwierząt oraz wysoki potencjał plonotwórczy, jest najważniejszym gospodarczo zbożem w kraju i na świecie. W ostatnich latach zwraca się szczególną uwagę na zwiększanie bioróżnorodności, zarówno pod względem doboru prawidłowego następstwa roślin po sobie w płodozmianie, jak i w aspekcie żywienia człowieka (Moudry i in. 2011, Salvatore 2012). Wyraża się to m.in. powrotem do uprawy dawnych gatunków, w tym głównie form pszenicy, które zachowały się lokalnie w uprawie. Do takich można zaliczyć jedno z najstarszych zbóż wykorzystywanych przez człowieka, niewymłacającą się pszenicę orkisz (*Triticum aestivum* ssp. *spelta* (L.) Pers. Mac Key), której uprawa jeszcze w XIX wieku była szeroko rozpowszechniona w Europie (Budzyński 2012). Z czasem jednak, z powodu słabej plenności, trudności podczas zbioru oraz wylącania ziarna, pszenica orkisz straciła na znaczeniu i została wyparta z uprawy przez plenniejszą, charakteryzującą się dużymi zdolnościami adaptacyjnymi do różnych warunków glebowo-klimatycznych, nagoziarnistą pszenicę zwyczajną (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare* Mac Key) (Raman i in. 2009, Sulewska 2012, Podolska i in. 2015). Przez pewien czas pszenica orkisz była zbożem zapomnianym, jednak w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat popularność tego gatunku wzrosła co wynika z dynamicznego rozwoju rolnictwa ekologicznego, gdzie głównie skoncentrowana jest współczesna uprawa pszenicy orkisz oraz docenienia walorów żywieniowych tego podgatunku (Bonafaccia i in. 2000, Tyburski i Babalski 2006, Cacak-Pietrzak i Gondek 2010, Andruszczak i in. 2011, Andruszczak 2018, Dostatny i in. 2020). Ponadto wieloletni

brak zainteresowania pszenicą orkisz, spowodowany masową uprawą i produkcją pszenicy zwyczajnej, stały się przyczyną niewielkiego postępu hodowlanego lub nawet jego braku. Dzięki temu, co potwierdzają zarówno krajowe, jak i zagraniczne badania, odmiany pszenicy orkisz zachowały wiele cech roślin pierwotnych, dlatego bardzo dobrze nadają się do uprawy w warunkach ekstensywnych (Bonafaccia i in. 2000, Cyrkler-Degulis i Bulińska-Radomska 2006, Neeson 2011, Pospíšil i in. 2016, Su i Sun 2016). Orkisz jest także jedną z nielicznych pszenic, które mogą być uprawiane w surowym, zimnym i mokrym klimacie (Tyburski i Babalski 2006). Źródła literaturowe wskazują, że w mniej sprzyjających warunkach uprawy maleje różnica w plonowaniu pomiędzy pszenicą zwyczajną a pszenicą orkisz (Castagna i in. 1996), natomiast w rejonach wilgotnych i zimnych pszenica orkisz plonuje nawet wyżej niż pszenica zwyczajna (Rimle i in. 1995). Notowany wzrost zainteresowania uprawą pszenicy orkisz według Sulewskiej (2004) wynika między innymi z nadprodukcji zbóż podstawowych, wprowadzania technologii przyjaznych środowisku oraz rosnącego zainteresowania konsumentów nowymi produktami. Renesans popularności tego podgatunku pszenicy wynika również z wysokiej wartości odżywczej ziarna na tle innych zbóż (Sulewska i in. 2008, Konvalina i in. 2013). Ziarno orkisz, w porównaniu do pszenicy zwyczajnej, charakteryzuje się korzystniejszym składem chemicznym, ponieważ ze względu na stosunkowo duży udział warstwy aleuronowej zawiera więcej białka (Bojňanská i Frančáková 2002, Sulewska 2004), glutenu, błonnika i nienasyconych kwasów tłuszczowych. Ponadto białko zawarte w ziarnie orkisz cechuje wyższa strawność (>80%) oraz wyższa wartość biologiczna (Campbell 1997, Escarnot i in. 2012, Jablonskyte-Rašce i in. 2013). Jednym z parametrów różnicujących wartości odżywcze ziarna orkisz i pszenicy zwyczajnej jest także zróżnicowanie ilości i rodzaju prolamin obecnych w bielmie, co według Bonafaccia i in. (2000) może się przyczynić do możliwości spożywania żywności wytworzonej na bazie orkisz przez osoby cierpiące na alergię pokarmową. Ziarno orkisz w stosunku do ziarna pszenicy zwyczajnej, charakteryzuje również podwyższona zawartość niemal wszystkich aminokwasów (Kwiatkowski i in. 2015), większa zawartość witamin rozpuszczalnych w tłuszczach (A, E i D) oraz witamin z grupy B (Grela 1996). Ponadto badania naukowe jednoznacznie wskazują, że w porównaniu z mąką pszenną, mąka z ziarna orkisz jest bogatszym źródłem składników mineralnych i charakteryzuje się od 30% do 60% wyższym stężeniem takich składników jak: żelazo, cynk, fosfor, magnez i miedź (Gomez-Becerra i in. 2010).

Od wielu lat zarówno w hodowli, jak i w uprawie pszenicy orkisz przodują takie kraje jak Niemcy, Szwajcaria oraz Austria. Szacuje się, że w Europie powierzchnia uprawy pszenicy orkisz zajmuje ok. 100 tys. ha (Longin i Würschum 2016). Z kolei w

Polsce z danych szacunkowych wynika, że łącznie z uprawą na cele pastewne m. in. w mieszankach z pszenżytem, całkowita powierzchnia uprawy pszenicy orkisz wynosi ok. 1 200 ha (Sulewska 2012). Niestety mała powierzchnia uprawy pszenicy orkisz powoduje, że w danych udostępnianych przez GUS, Eurostat czy FAOSTAT, powierzchnia uprawy tego podgatunku pszenicy ujęta jest razem z pszenicą zwyczajną, dlatego trudno jest podać aktualną powierzchnię uprawy orkiszu (Radzikowska 2020). W bieżącym Wspólnotowym Katalogu Odmian Roślin Rolniczych (CCA) znajdują się 84 odmiany pszenicy orkisz dopuszczone do obrotu na terytorium UE oraz 12 odmian zachowawczych (EC 2023). Wśród nich znalazło się także 5 odmian ozimych oraz 2 odmiany jare wpisane do Krajowego Rejestru (COBORU 2023). Dane te wskazują na znaczący wzrost liczby zarejestrowanych odmian tego podgatunku pszenicy, w porównaniu z rokiem 2016, w którym Skrajda-Brdak i in. (2018) odnotowali jedynie 45 odmian pszenicy orkisz oraz 4 odmiany zachowawcze. Rosnące zainteresowanie tym zbożem wynika z faktu, że podgatunek ten doskonale wpisuje się w system gospodarowania ekologicznego, gdyż z uwagi na ściśle przylegające do ziarna plewki, stanowiące naturalną ochronę przed agrofagami, uznaje się go za bardziej odporny na choroby i stresy środowiskowe niż pszenicę zwyczajną (Sulewska 2004, Sulewska 2004a, Gawlik-Dziki i in. 2012, Stankowski i in. 2016, Dostatny i in. 2020, Pospíšil i Pospíšil 2021). Ponadto chronione skórzastymi plewkami ziarno dłużej zachowuje swoją wartość odżywczą (Pospíšil i in. 2016). Z drugiej jednak strony, pszenica orkisz charakteryzuje się cechami dzikości takimi jak: łamliwa osadka kłosowa, niska wymłacalność kłosków oraz długie źdźbło zwiększające podatność na wyleganie. Z tego względu uprawa tego podgatunku pszenicy na większą skalę jest dużo trudniejsza i bardziej wymagająca niż uprawa pszenicy zwyczajnej (Campbell 1997, Dostatny i in. 2020). Należy jednak mieć na uwadze, że globalizacja doprowadziła do ujednolicenia rynku produktów żywnościowych, co w połączeniu ze wzrostem popytu na żywność w wyniku dynamicznie rosnącej populacji, zwiększyło konkurencję o zasoby naturalne. Niektóre, dawniej powszechne w uprawie, gatunki roślin zostały całkowicie wyeliminowane z uprawy oraz diety, inne zaś stały się gatunkami marginalnymi. Zjawisku utraty różnorodności genetycznej, które towarzyszy nowoczesnemu rolnictwu, można przeciwdziałać poprzez ochronę i spopularyzowanie uprawy dawnych i marginalnych gatunków roślin uprawnych (Dostatny i in. 2020). Rosnące zainteresowanie zrównoważonym rozwojem rolnictwa stwarza szansę na rozszerzenie płodozmianów poprzez wprowadzenie do uprawy pszenicy orkisz, prowadząc do wzrostu bioróżnorodności i ograniczając negatywny wpływ intensyfikacji rolnictwa na środowisko (Hillocks 2012, Pospíšil i Pospíšil 2021).

Poziom plonowania roślin rolniczych, w tym również pszenicy, jest wypadkową możliwości plonotwórczych danego gatunku oraz jego reakcji na aktualną produktywność siedliska, w którym znaczącą rolę odgrywają warunki glebowe oraz układ warunków pogodowych (Małecka 2003). Wśród głównych czynników klimatycznych determinujących rodzaj i efektywność produkcji rolnej podstawowe znaczenie mają temperatura powietrza, opady atmosferyczne, usłonecznienie oraz długość okresu wegetacyjnego. Niestety zachodzące zarówno w Polsce, jak i na świecie w ostatnich latach zmiany klimatu sprzyjają większej zmienności plonowania roślin, zmniejszeniu lub nawet utracie plonu, zmuszając producentów do poszukiwania nowych rozwiązań i metod produkcji. Ponadto istnieją liczne przesłanki do stwierdzenia, że globalne ocieplenie zwiększa ryzyko wystąpienia ekstremalnych zjawisk pogodowych, takich jak np. fale upałów i susze, intensywne opady, powodzie i silne wiatry, mające niekorzystny wpływ na potencjał plonotwórczy roślin (Skowera i Puła 2004, Kundzewicz i Kozyra 2011, Pawlak 2017). Dlatego problem adaptacji istniejących technologii produkcji do obserwowanych zmian klimatu staje się jednym z ważniejszych wyzwań dla producentów rolnych. Rolnictwo powinno spełniać restrykcyjne normy środowiskowe, nie tylko ograniczające ryzyko przedostania się substancji biogenych do wód powierzchniowych czy gruntowych, ale również zmniejszające emisję gazów cieplarnianych. W trosce o zahamowanie lub przynajmniej ograniczenie niekorzystnych zmian klimatycznych, powodowanych przez rosnącą emisję gazów cieplarnianych do atmosfery, ściśle związanych m.in. z prowadzoną działalnością rolniczą, należy popularyzować wprowadzanie technologii przyjaznych środowisku naturalnemu (Pawlak 2017). Za najbardziej efektywne uważa się ograniczenie nakładów na środki produkcji oraz optymalizację wielkości i sposobu stosowania nawozów azotowych (Kundzewicz i Kozyra 2011). Niestety współczesne technologie uprawy zbóż skoncentrowane są przede wszystkim na bezpośrednich czynnikach plonotwórczych, takich jak nawożenie mineralne i środki ochrony roślin. Poszukiwania sposobów zwiększenia produktywności roślin przy minimalizacji kosztów produkcji często koncentrują się głównie na zagadnieniach związanych z nawożeniem mineralnym. Nie należy jednak zapominać, że drugim bardzo ważnym ze względów produkcyjnych i środowiskowych źródłem makro i mikroelementów są nawozy naturalne, które zawierają praktycznie wszystkie składniki pokarmowe konieczne dla prawidłowego wzrostu i rozwoju roślin. Na podkreślenie zasługuje ich funkcja prośrodowiskowa, ponieważ działanie głównych składników w tych nawozach jest znacznie wolniejsze i dłuższe niż w przypadku nawozów mineralnych (Kopiński 2018). Niezwykle ważną funkcją materii organicznej jest także retencja

wody w glebie, nie do przecenienia zwłaszcza w rejonach posusznych i na glebach lekkich. Niestety dopływ do gleby materii organicznej w formie nawozów naturalnych w ostatnim czasie znacznie się zmniejszył, co jest wyraźnie niekorzystnym zjawiskiem z punktu widzenia bilansu materii organicznej w glebie. Ponadto duży udział gleb lekkich i specyfika klimatu naszego kraju sprawia, że coraz częściej pojawiają się problemy z utrzymaniem żyzności gleb na odpowiednim poziomie. Dlatego, w obecnej sytuacji prowadzenie poprawnej gospodarki glebową materią organiczną jest bardzo ważnym elementem ochrony środowiska i sprzyja ograniczaniu efektu cieplarnianego. Szacuje się, że w skali globalnej glebowa materia organiczna wiąże dwukrotnie większą ilość węgla od jego całkowitej ilości występującej w powietrzu w formie CO₂. W związku z tym spadek zawartości materii organicznej w glebach (degradacja) zwiększa emisję gazów cieplarnianych, natomiast jej wzrost (wiązanie – sekwestracja) jest czynnikiem ograniczającym efekt cieplarniany (Kuś i Kopiński 2012).

Nawożenie azotem to bez wątpienia jeden z czynników agrotechnicznych o bardzo dużym działaniu plonotwórczym, pozwalający na maksymalizację plonu (Małecka 2003, Knapowski i Ralcewicz 2004, Podolska 2009) i w największym stopniu decydujący o jakości ziarna zbóż (Cacak-Pietrzak i in. 1999, Podolska i in. 2011, Pecio 2021). Niezależnie od źródła azotu, jego pobieranie intensyfikuje syntezę chlorofilu, procesy fotosyntezy, a także zwiększa produkcję białek (Stankowski in. 2016). Ponadto nawożenie roślin zbożowych azotem wpływa korzystnie na tworzenie aparatu asymilacyjnego oraz dłuższe utrzymanie liścia flagowego i dokłosa w pełnej aktywności fotosyntetycznej, co rzutuje na kształtowanie się elementów struktury plonu, a w konsekwencji na plonowanie i jakość ziarna (Szafranski 1995). W literaturze przedmiotu dość dużo uwagi poświęca się również badaniom dotyczącym zróżnicowanej efektywności produkcyjnej nawożenia azotowego (Grzebisz 1988, Buniak 1990, Jankowiak 1991, Fotyma 1997, Delogu i in. 1998, Koziara i in. 2007, Panasiewicz i in. 2011). Niestety jest ona zmienna, gdyż zależy w dużej mierze od warunków siedliska (Małecka 2003). Według Grzebisza (1988) i Jankowiaka (1991) mniej niż połowa azotu zastosowana w nawozach jest pobierana z plonami roślin, natomiast reszta jest częściowo wiązana w glebie, a częściowo ulega stratom. Istnieje więc uzasadniona potrzeba prowadzenia badań nad optymalizacją nawożenia, czyli dostosowaniem dawek nawozów do rzeczywistych potrzeb roślin uprawnych oraz stosowaniem we właściwym czasie i w odpowiedni sposób (Pecio 2021). Niestety opracowanie uniwersalnych zasad nawożenia azotem jest zadaniem niezwykle trudnym, co wynika ze złożoności procesów przemian azotu w glebie, jak i z różnorodności funkcji tego składnika w roślinie (Fotyma 1990). Ponadto

uwarunkowania przyrodnicze naszego kraju oraz względy ekonomiczne, a także wdrażanie technologii bardziej przyjaznych środowisku, stawiają coraz większe wymagania produkcji towarowej zbóż. Dlatego właściwa gospodarka azotem ma istotne znaczenie, szczególnie w rolnictwie, gdzie składnik ten wypełnia zarówno cele produkcyjne, przyczyniając się do wzrostu plonu roślin uprawnych, jak i środowiskowe – poprzez ograniczanie strat azotu (Pecio 2017).

Pszenica orkisz w porównaniu do pszenicy zwyczajnej uznawana jest jako roślina niskonakładowa, która nie wymaga stosowania intensywnej ochrony przed agrofagami ani wysokiego nawożenia, dlatego jest to podgatunek świetnie wpisujący się w ekologiczny system gospodarowania (Sulewska 2012, Rachoń i in. 2020). Zdolności adaptacyjne pszenicy orkisz (Rimle i in. 1995, Castagna i in. 1996) sprawiają, że pomimo tego, że podgatunek ten uznawany za modelowy dla potrzeb rolnictwa ekologicznego, może być również przydatny do uprawy w niskonakładowych gospodarstwach konwencjonalnych (Feledyn-Szewczyk i Duer 2005, 2006, Cyrkler-Degulis i Bulińska-Radomska 2006) poszukujących możliwości zwiększenia dochodów z produkcji roślinnej (Biel i in. 2010). Również Rachoń i in. (2009) wskazują, że pszenica orkisz dobrze reaguje na intensyfikację uprawy. Siebeneiher (1997) podkreśla, że orkisz w porównaniu z pszenicą zwyczajną lepiej wykorzystuje wszystkie składniki mineralne i charakteryzuje go niższe zapotrzebowanie na azot. Jak dotąd w literaturze trudno znaleźć jednoznaczne zalecenia dotyczące nawożenia pszenicy orkisz, aczkolwiek dominuje pogląd, że ma ona niższe wymagania pokarmowe niż pszenica zwyczajna (Sulewska 2012). Należy również mieć na uwadze fakt, że plonotwórczy efekt nawożenia w dużym stopniu uwarunkowany jest cechami genetycznymi roślin, czyli zdolnością danej odmiany do produktywnego wykorzystania składników z nawozu (Sułek i in. 2007). W związku z powyższym istnieje uzasadniona potrzeba podejmowania badań nad doskonaleniem technologii uprawy pszenicy orkisz w celu zwiększenia produktywności tego gatunku w warunkach glebowo-klimatycznych Polski. Fragmentaryczne i często rozbieżne dane literaturowe dotyczące uprawy pszenicy orkisz sprawiają, że niezbędne jest zwrócenie szczególnej uwagi na te czynniki agrotechniczne, których optymalizacja pozwoli ustabilizować wielkość i jakość jej plonu. Ponadto w naszym kraju pszenica orkisz jest traktowana jako roślina alternatywna i dotychczas wykonano niewiele badań, które mogłyby stać się podstawą do sformułowania zaleceń uprawowych dla tego gatunku w konwencjonalnym systemie gospodarowania. Podejmowanie działań dotyczących optymalizacji nawożenia pszenicy orkisz i zwiększenia efektywności jej produkcji, pozwoli ocenić reakcję tego podgatunku na intensyfikację technologii uprawy, sprawdzić przydatność do innego niż ekologiczny system produkcji oraz ocenić

obciążenia dla środowiska naturalnego jakie niesie za sobą stosowanie nawozów zarówno mineralnych, jak i naturalnych.

4.2.2. Problem badawczy i cel badań

Wybór problemu badawczego oparty na obserwacjach polowych oraz przeglądzie piśmiennictwa pozwolił na sformułowanie hipotezy badawczej, że w warunkach glebowo-klimatycznych regionu Wielkopolski, przy zintensyfikowaniu agrotechniki i odpowiednim doborze odmian, nastąpi zwiększenie produktywności pszenicy orkisz, dzięki czemu ten podgatunek pszenicy będzie częściej wykorzystywany w konwencjonalnym systemie gospodarowania. Ponadto założono, że pszenica orkisz oraz pszenica zwyczajna są zróżnicowane pod względem cech biologicznych i gospodarczych, stąd ich wymagania dotyczące potrzeb nawozowych i adaptacyjnych są różne, dlatego szczególnie optymalizacja nawożenia przyczyni się do wzrostu plonowania, a w konsekwencji również do zmniejszenia śladu węglowego w uprawie tych podgatunków.

Głównym celem badań było poznanie reakcji pszenicy orkisz na nawożenie mineralne azotem lub naturalne obornikiem oraz określenie optymalnej dawki nawozu dla różnych odmian orkiszu na tle odmian pszenicy zwyczajnej. Cele szczegółowe dotyczyły:

- określenia wpływu przebiegu warunków pogodowych na wzrost, rozwój, plonowanie i elementy struktury plonu pszenicy orkisz oraz pszenicy zwyczajnej,
- analizy zmienności plonu i jego komponentów w warunkach zróżnicowanych dawek nawożenia azotowego,
- ustalenia optymalnej dawki nawożenia azotowego w zależności od podgatunku pszenicy i odmiany,
- określenia jednostkowej produktywności azotu oraz wpływu odmiany i nawożenia azotowego na plonowanie oraz ważniejsze cechy jakościowe ziarna badanych podgatunków pszenicy,
- identyfikacji źródeł emisji gazów cieplarnianych oraz oceny ilościowej emisji CO₂ wyrażonej za pomocą tzw. śladu węglowego produktu w uprawie pszenicy orkisz i pszenicy zwyczajnej,
- poszerzenia charakterystyki badanych odmian.

4.2.3. Materiał i metody

Badania przeprowadzono w oparciu o dwa ściśle doświadczenia polowe z pszenicą orkisz (*T. aestivum* ssp. *spelta* (L.) Pers. Mac Key) oraz pszenicą zwyczajną (*T. aestivum* ssp. *vulgare* Mac Key.), założone metodą losowanych bloków w układzie

split-plot, w czterech powtórzeniach. W Zakładzie Doświadczalno–Dydaktycznym Uprawy Roli i Roślin Gorzyń, Stacja Swadzim (N: 52°43'37" E: 16°75'30") oraz Złotniki (N: 52°29'0" E: 16°49'53"), należących do Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu przeprowadzono dwie serie doświadczeń. Pierwszą przeprowadzono w Stacji Swadzim, natomiast doświadczenia z serii drugiej z powodu reorganizacji jednostki, zostały przeprowadzone w pobliskiej Stacji Złotniki, w tożsamy warunkach glebowo-klimatycznych jak w serii pierwszej. Doświadczenia zakładano w sezonach 2011/2012 – 2017/2018, jako dwuczynnikowe z następującymi poziomami:

- czynnik I rzędu stanowiła odmiana pszenicy ozimej. W serii I, w sezonach wegetacyjnych 2011/2012–2014/2015 testowano odmiany pszenicy orkisz 'Badengold', 'Schwabenspelz', 'Schwabenkorn' oraz pszenicy zwyczajnej 'Bogatka'. Natomiast w serii II, w sezonach wegetacyjnych 2015/2016–2017/2018 przebadano odmiany pszenicy orkisz 'Zollernspelz', 'Badenstern', 'Badenkrone' oraz pszenicę zwyczajną 'KWS Dakotana'.
- czynnik II rzędu – nawożenie azotowe w formie nawożenia mineralnego lub nawożenia naturalnego (obornik): 0 kg N·ha⁻¹, 30 kg N·ha⁻¹, 60 kg N·ha⁻¹, 90 kg N·ha⁻¹, 15 t·ha⁻¹ obornika, 30 t·ha⁻¹ obornika.

W doświadczeniach oznaczono:

- wpływ warunków pogodowych na wzrost, rozwój i plonowanie badanych pszenic,
- wpływ czynników agrotechnicznych na wzrost, rozwój i plonowanie badanych pszenic, w tym na: plon kłosków i ziarna, komponenty plonowania, krzewienie, architekturę łanu, cechy biometryczne kłosów, skład chemiczny ziarna, plon suchej masy, odżywienie roślin azotem, akumulację azotu w roślinach oraz zdrowotność roślin,
- zmienność plonowania badanych pszenic,
- współzależności plonu oraz cech kształtujących plonowanie badanych pszenic,
- efektywność nawożenia azotem,
- emisję gazów cieplarnianych w uprawie badanych pszenic.

4.2.4. Wyniki badań

Z przeprowadzonych obserwacji wynika, że najdłuższą fenofazą zarówno dla pszenicy orkisz, jak i pszenicy zwyczajnej, był okres od krzewienia do strzelania w źdźbło. Natomiast najkrócej, dla obydwu tych podgatunków trwał okres od kłoszenia do kwitnienia. Analiza poszczególnych faz rozwojowych wskazała również na dużą zmienność krótkich okresów czasowych: kłoszenie – kwitnienie oraz dojrzałość woskowa – dojrzałość pełna. Zależności te były identyczne dla obydwu badanych

podgatunków pszenicy. Tak duża zmienność w długości trwania w/w fenofaz spowodowana była dużym zróżnicowaniem warunków pogodowych w poszczególnych latach badań. Natomiast długie okresy, na przykład cały okres wegetacji oraz okres rozwoju wegetatywnego roślin (krzewienie – strzelanie w źdźbło) charakteryzowały się niską zmiennością pod wpływem warunków pogodowych. Na tej podstawie można stwierdzić, że o długości okresu wegetacji pszenicy orkisz oraz pszenicy zwyczajnej nie decydował przebieg pogody w konkretnej fazie, ale kumulujący się wpływ warunków całego okresu wzrostu i rozwoju roślin.

Poszukiwanie związku pomiędzy długością poszczególnych faz rozwojowych badanych pszenic a plonem ziarna wykazało, że dla pszenicy orkisz najsilniejsza zależność wystąpiła dla okresu krzewienie – strzelanie w źdźbło, a optymalna długość tego okresu dla uzyskania korzystnego plonu ziarna wynosiła 161 dni. Z kolei dla pszenicy zwyczajnej zaobserwowano najsilniejszy związek pomiędzy plonem ziarna a okresem kwitnienie – dojrzałość mleczna, którego optymalna długość powinna wynosić 16 dni.

Zebrane wyniki badań wskazują na dużo silniejszą zależność plonu ziarna badanych pszenic od opadów atmosferycznych niż od temperatury powietrza. Należy jednak zaznaczyć, że silniejszy związek pomiędzy plonem a opadami stwierdzono dla pszenicy zwyczajnej. Wyliczone wartości teoretyczne wskazują, że w warunkach prowadzenia doświadczenia optymalna suma opadów w okresie od dojrzałości mleczonej do dojrzałości pełnej dla uzyskania maksymalnego plonu ziarna pszenicy zwyczajnej wynosiła 84,2 mm.

Uzyskaniu wyższych plonów ziarna pszenicy orkisz sprzyjała wyższa temperatura w okresie strzelanie w źdźbło – kłoszenie oraz niższa temperatura w całym okresie wegetacji. Ponadto udowodniono, że rośliny pszenicy orkisz do uzyskania wyższej liczby ziaren w kłosie potrzebują niższych temperatur w okresie dojrzałość mleczna – dojrzałość woskowa. Z kolei wysokim plonom ziarna pszenicy zwyczajnej oraz wyższej masie tysiąca ziaren sprzyja krótszy czas trwania okresu kwitnienie – dojrzałość mleczna. Również krótszy czas trwania okresu kłoszenie – kwitnienie sprzyjał roślinom pszenicy zwyczajnej w tworzeniu większej liczby kłosów na jednostce powierzchni. Ponadto w tym czasie, wyższa temperatura powietrza sprzyjała tworzeniu wyższego plonu ziarna oraz większej liczbie kłosów na 1 m², a niższa w okresie kwitnienie – dojrzałość mleczna wyższej masie tysiąca ziaren.

Wszystkie odmiany pszenicy orkisz plonowały istotnie niżej niż odmiany pszenicy zwyczajnej, a różnica w plonie ziarna wynosiła średnio w serii I od 12,1 do 18,4 dt·ha⁻¹, a w serii II była zdecydowanie wyższa i mieściła się w zakresie od 21,6 do 27,6 dt·ha⁻¹. Wśród odmian pszenicy orkisz z serii I najwyżżej plonowała

'Schwabenspelz', której plon ziarna stanowił 70,1% plonu odmiany 'Bogatka'. Natomiast odmianą najniżej plonującą okazała się 'Schwabenkorn' (54,6% plonu odmiany 'Bogatka'). W drugiej serii badań plon ziarna pszenicy orkisz odmiany 'Badenstern' stanowił 58,6% plonu ziarna pszenicy zwyczajnej, a odmiany 'Badenkrone' 54,2%. Odmianą plonującą istotnie najniżej była 'Zollernspelz', której plon ziarna stanowił tylko 47,1% plonu pszenicy zwyczajnej.

Wzrost plonu ziarna pszenicy zwyczajnej w obydwu seriach badań miał miejsce wraz ze zwiększaniem dawki azotu do 90 kg N·ha⁻¹. Podobny przebieg zależności stwierdzono dla odmian pszenicy orkisz z serii pierwszej 'Badengold' oraz 'Schwabenspelz', przy czym istotny przyrost plonu ziarna stwierdzono tylko do dawki 60 kg N·ha⁻¹. Natomiast w przypadku odmian orkiszu z serii drugiej 'Badenstern' i 'Badenkrone', wzrost plonu ziarna miał miejsce do dawki 60 kg N·ha⁻¹. U tych odmian zwiększenie dawki azotu z 30 do 60 kg·ha⁻¹ powodowało przyrost plonu ziarna, jednak niepotwierdzony statystycznie. Odmiany 'Schwabenkorn' z serii I oraz 'Zollernspelz' z serii II plonowały najwyżej na obiektach, gdzie zastosowano dawkę 60 kg·ha⁻¹. Dalsze zwiększanie dawki azotu do 90 kg·ha⁻¹ u tych odmian orkiszu oraz odmian 'Badenstern' i 'Badenkrone' obniżało plon ziarna.

W obydwu seriach badań, nawożenie obornikiem zarówno pszenicy orkisz, jak i pszenicy zwyczajnej powodowało wyższą plon ziarna w porównaniu z obiektem kontrolnym (bez nawożenia). Plon ziarna pszenicy zwyczajnej z serii pierwszej przewyższał kontrolę w zakresie od 2,1 do 8,7 dt·ha⁻¹, a w serii drugiej od 20,7 do 24,3 dt·ha⁻¹. Natomiast wyższa plon ziarna dla pszenicy orkisz, w zależności od odmiany w serii pierwszej, wahała się w granicach od 1,8 do 5,5 dt·ha⁻¹, a w serii drugiej od 4,4 do 7,7 dt·ha⁻¹. W pierwszej serii badań wyższa plon ziarna w stosunku do obiektu kontrolnego, u obydwu podgatunków pszenicy miała miejsce już po zastosowaniu obornika w dawce 15 t·ha⁻¹, ale została potwierdzona statystycznie tylko w odniesieniu do odmiany 'Badengold'. Z kolei dla wszystkich badanych pszenic z serii drugiej istotnie wyższy plon ziarna obserwowano już po zastosowaniu obornika w dawce 15 t·ha⁻¹.

Analiza związku plonu ziarna badanych podgatunków pszenicy z jego komponentami wykazała, że wielkość plonu ziarna orkiszu odmian 'Badengold', 'Schwabenspelz', 'Zollernspelz', 'Badenkrone' oraz pszenicy zwyczajnej 'KWS Dakotana' była wyraźnie zależna od liczby kłosów oraz masy tysiąca ziaren. Z kolei u pszenicy orkisz odmian 'Schwabenkorn' i 'Badenstern' zaobserwowano związek plonu ziarna tylko z liczbą kłosów na jednostce powierzchni z tym, że siła tego związku była większa u odmiany 'Badenstern'. Natomiast dla pszenicy zwyczajnej odmiany 'Bogatka' zaznaczył się wyraźny związek plonu ziarna z liczbą ziaren w

kłosie oraz masą tysiąca ziaren. Analiza wykazała również, że największy wpływ na plon ziarna pszenicy orkisz w pierwszej serii badań, niezależnie od rodzaju zastosowanego nawożenia miała masa 1000 ziaren. W serii drugiej plon ziarna orkiszu na każdym ze stosowanych poziomów nawożenia azotem był najsilniej skorelowany z liczbą kłosów oraz MTZ. Z kolei po zastosowaniu obornika był on zależny tylko od liczby kłosów.

Dla każdej z odmian uczestniczących w obu seriach badań efektywność rolnicza zmniejszała się wraz ze wzrostem zastosowanej dawki azotu. W obydwu seriach badań, największą efektywność rolniczą nawożenia azotem zaobserwowano dla pszenicy zwyczajnej. Wyjątek stanowiła produktywność 1 kg N w przedziale 0 – 90 kg N·ha⁻¹ w drugiej serii badań, która była najwyższa dla odmiany 'Badenstern'. Wśród porównywanych odmian orkiszu, najwyższe wartości wskaźnika efektywności rolniczej charakteryzowały odmianę 'Schwabenspelz' z serii pierwszej oraz 'Badenstern' w serii drugiej.

W obydwu seriach badań, zwiększenie nawożenia ograniczało zdolność roślin pszenicy do przetwarzania pobranego azotu w plon użytkowy. W pierwszej serii badań efektywność fizjologiczna była najwyższa dla pszenicy zwyczajnej odmiany 'Bogatka', jednak tylko dla dawki 30 kg N·ha⁻¹, natomiast dla dawek 60 i 90 kg N·ha⁻¹ najwyższą efektywność fizjologiczną wyliczono dla odmian 'Badengold' oraz 'Schwabenspelz'. Z kolei w serii drugiej, dla dawek 30 i 60 kg N·ha⁻¹ najwyższą efektywność fizjologiczną wykazano dla odmiany 'KWS Dakotana', natomiast dla dawki 90 kg N·ha⁻¹ dla odmiany 'Badenstern'.

Wykorzystanie azotu w wartościach względnych (%) było większe w drugiej serii badań niż w serii pierwszej i wynosiło ono odpowiednio 42,2 – 83,8% oraz 43,6 – 76,7%. W obydwu seriach, wykorzystanie azotu zmniejszało się wraz ze wzrostem zastosowanej dawki, a największym wykorzystaniem azotu z nawozów charakteryzowała się odmiana 'Bogatka' z serii pierwszej. Jedynie w zakresie dawek 0 – 30 kg N·ha⁻¹ współczynnik wykorzystania azotu z nawozów dla pszenicy zwyczajnej oraz orkiszu odmiany 'Badengold' i 'Schwabenspelz', był bardzo podobny. Z kolei w serii drugiej najwyższy współczynnik wykorzystania azotu z nawozów wyliczono dla odmiany 'Badenstern', z wyjątkiem zakresu 0 – 90 kg N·ha⁻¹, gdzie największym wykorzystaniem azotu z nawozów charakteryzowała się odmiana 'KWS Dakotana'.

Średnie wartości emisji CO₂, dla każdej z dawek nawożenia azotem, jak i obornikiem, były wyższe w uprawie orkiszu niż w uprawie pszenicy zwyczajnej. Aplikacja azotu w dawce 90 kg·ha⁻¹ w uprawie pszenicy orkisz generowała wzrost emisji CO₂, w porównaniu z obiektem kontrolnym o 16,8%, natomiast w uprawie pszenicy zwyczajnej o 17,4%. Z kolei zwiększenie dawki obornika z 15 do 30 t·ha⁻¹

generowało największy wzrost emisji CO₂, wynoszący odpowiednio dla pszenicy orkisz 50,6% oraz 52,9% dla pszenicy zwyczajnej. W uprawie obu pszenic wartości emisji CO₂ były najniższe po zastosowaniu 15 ton obornika na 1 ha. Poziom emisji CO₂ w uprawie badanych pszenic, po zastosowaniu obornika w dawce 30 t·ha⁻¹, był podobny jak po nawożeniu azotem w dawce 60 kg·ha⁻¹.

Średnie wartości CF dla odmian z pierwszej serii badań wahały się od 259,1 do 490,3 kg CO₂ ekw.·t⁻¹, a dla odmian z serii drugiej od 214,7 do 443,2 kg CO₂ ekw.·t⁻¹. Niezależnie od serii badań, ślad węglowy pszenicy zwyczajnej był zdecydowanie niższy niż średnie wartości CF wyliczone dla pszenicy orkisz. Z kolei wielkości śladu węglowego wyliczone dla odmian orkisz w pierwszej serii badań, były największe dla odmiany 'Schwabenkorn', a w drugiej – dla odmiany 'Zollernspelz'. W obu seriach badań ślad węglowy pszenicy orkisz zmniejszał się wraz ze wzrostem dawki azotu do 60 kg·ha⁻¹, natomiast zastosowanie dawki 90 kg N·ha⁻¹ powodowało wzrost wartości CF, co wynikało ze spadku plonu ziarna. Takiej zależności nie stwierdzono dla odmian pszenicy zwyczajnej.

W uprawie obu pszenic dominujące znaczenie w strukturze udziału poszczególnych zabiegów agrotechnicznych w emisji gazów cieplarnianych (GHG) miało nawożenie mineralne, w tym głównie nawożenie fosforem i potasem. Względny udział nawożenia mineralnego wynosił średnio dla pszenicy orkisz 64,8% i pszenicy zwyczajnej 66,9%, przy braku nawożenia, a w warunkach stosowania zróżnicowanych dawek azotu od 66,1% do 68,3% dla pszenicy orkisz i od 68,1% do 70,3% dla pszenicy zwyczajnej. Natomiast na obiektach gdzie zastosowano obornik w różnych dawkach, udział nawożenia mineralnego w emisji GHG był niższy i wynosił odpowiednio 50,6% i 67,2% dla pszenicy orkisz oraz 53,0% i 69,2% dla pszenicy zwyczajnej. Uprawa i siew ze względu na zużycie paliwa i energii elektrycznej, miały znaczący wpływ na emisję GHG. Wymienione zabiegi technologiczne największy udział w emisji gazów cieplarnianych miały na obiektach nawożonych obornikiem w dawce 15 t·ha⁻¹. W uprawie obu pszenic, udział zabiegów uprawowych i siewu w emisji GHG w tym wariantcie nawożenia wyniósł odpowiednio 47,9% oraz 44,5%. Pozostałe zabiegi związane z ochroną roślin miały niewielki udział w emisji gazów cieplarnianych, który w uprawie pszenicy orkisz nie przekraczał 1,0% a w uprawie pszenicy zwyczajnej 1,8%.

4.2.5. Podsumowanie

Narastające problemy związane z kryzysem klimatycznym oraz z procesami degradacji środowiska sprawiają, że także w rolnicy poszukują nowych rozwiązań i metod produkcyjnych, spójnych z wdrażaną od 2019 roku strategią Europejskiego Zielonego Ładu, której celem jest dążenie do zrównoważonej, niskoemisyjnej i

przyjaznej dla środowiska gospodarki. Prognozy dotyczące postępujących, globalnych zmian klimatycznych przewidują coraz większe ryzyko wystąpienia ekstremalnych zjawisk pogodowych, takich jak fale upałów, susza i stres wodny, intensywne opady i silny wiatr, co może prowadzić do obniżenia potencjału plonotwórczego roślin oraz zmian w zasięgu upraw. Dlatego w trosce o zahamowanie lub przynajmniej ograniczenie niekorzystnych zmian klimatycznych będących między innymi następstwem emisji CO₂, którego głównym źródłem w działalności rolniczej jest zużycie energii i środków do uprawy gleby oraz produkcji nawozów mineralnych, należy popularyzować wprowadzanie technologii przyjaznych środowisku. Mając na uwadze powyższe wyniki badań przedstawione w monografii poświęconej poszukiwaniu optymalnych rodzajów/dawek nawożenia oraz analizie emisji CO₂ powstającego w trakcie uprawy dwóch podgatunków pszenicy, mają duże znaczenie zarówno w kontekście zrównoważonego rolnictwa, jak i ochrony środowiska. Opisane zagadnienia mają duże znaczenie praktyczne i dotyczą nie tylko optymalizacji produkcji roślinnej, ale koncentrują się również na wpływie działań rolniczych na środowisko, co jest szczególnie istotne w dobie zmian klimatycznych. Badania prowadzone były przez siedem sezonów wegetacyjnych w dwóch lokalizacjach, co pozwoliło na uwzględnienie zmienności warunków pogodowych oraz różnorodnych warunków agrotechnicznych. Dzięki temu uzyskane wyniki charakteryzują się dużą wiarygodnością oraz mają szerokie zastosowanie praktyczne.

Opracowanie koncentruje się na analizie reakcji różnych odmian pszenicy orkisz na nawożenie mineralne i naturalne na tle uprawy pszenicy zwyczajnej, co pozwoliło na identyfikację najbardziej efektywnych dawek nawożenia dla tych podgatunków pszenicy w warunkach glebowo-klimatycznych regionu Wielkopolski. Badania wykazały, że odmiany pszenicy różnią się pomiędzy sobą pod względem efektywności wykorzystania nawożenia azotowego, co umożliwia bardziej precyzyjne dopasowanie strategii nawożenia do konkretnego genotypu. Ponadto wyniki badań wskazują, że intensyfikacja nawożenia azotem korzystnie wpływa na plonowanie do pewnego poziomu, po czym następuje spadek jego efektywności, co ma kluczowe znaczenie dla optymalizacji kosztów produkcji. Przyrost plonu ziarna pszenicy orkisz w wyniku intensyfikacji nawożenia azotem następował do dawki 60 kg N·ha⁻¹, a dla pszenicy zwyczajnej do 90 kg N·ha⁻¹. Z kolei u obu podgatunków pszenicy większy wzrost plonu ziarna obserwowano po zastosowaniu obornika w dawce 30 t·ha⁻¹. Spośród sześciu przebadanych genotypów pszenicy orkisz najbardziej przydatne do uprawy w warunkach regionu Wielkopolski okazały się 'Schwabenspelz', 'Badenstern' i 'Badenkrone'. Odmiany te charakteryzowały się najwyższymi plonami kłosków i ziarna oraz charakteryzował je wysoki udział ziarna w plonie kłosków.

Należy również nadmienić, że żadna z badanych odmian orkiszu nie dorównywała poziomem plonowania pszenicy zwyczajnej, stanowiąc od 47,1% ('Zollernspelz') do 70,1% ('Schwabenspelz') jej plonu ziarna. Przeprowadzone wyliczenia udowodniły także, że uzyskanie maksymalnego plonu ziarna u odmian 'Zollernspelz', 'Badenstern', 'Badenkrone' i 'KWS Dakotana' było możliwe po zastosowaniu niższych dawek azotu, co świadczy o tym, że można je zaliczyć do bardziej ekstensywnych.

Osiągnięte w monografii rezultaty zwracają uwagę również na fakt, iż czynnik genetyczny w największym stopniu determinował skład chemiczny ziarna. Ziarno orkiszu charakteryzowało się wyższą zawartością białka, glutenu oraz tłuszczu w porównaniu do ziarna pszenicy zwyczajnej. Wzrost parametrów jakościowych ziarna najczęściej obserwowano do dawki 90 kg N·ha⁻¹ lub po zastosowaniu 30 t·ha⁻¹ obornika. Jedynie zawartość tłuszczu, skrobi oraz włókna w ziarnie była wyższa przy nawożeniu w przedziale 30–60 N·ha⁻¹. Z kolei stosowanie obornika w ilości 15 t·ha⁻¹ sprzyjało gromadzeniu tłuszczu w ziarnie orkiszu, natomiast koncentracja tego składnika w ziarnie pszenicy zwyczajnej była większa po zastosowaniu 30 t·ha⁻¹ obornika. Ponadto wszystkie odmiany orkiszu, w porównaniu z pszenicą zwyczajną, charakteryzowały się intensywniejszym krzewieniem, wyższym indeksem powierzchni liści LAI, większą wysokością roślin i podatnością na wyleganie oraz dłuższymi i mniej zbitymi kłosami o porównywalnej z kłosami pszenicy zwyczajnej liczbie kłosek w kłosie.

Interesujący jest również fakt, że przebieg gromadzenia suchej masy oraz akumulacji azotu w roślinach znacząco różnił się w zależności od podgatunku i odmiany badanych pszenic. Pszenica orkisz, w porównaniu z pszenicą zwyczajną, w okresie od strzelania w źdźbło do dojrzałości mleczej gromadziła suchą masę z większą intensywnością, a rośliny pobierały dużo więcej azotu, natomiast w międzyfazie dojrzałość mlecza – dojrzałość pełna, pobranie azotu było dużo niższe niż u pszenicy zwyczajnej. Ponadto w gromadzeniu suchej masy u pszenicy zwyczajnej, w fazie strzelania w źdźbło dominowały źdźbła, a u pszenicy orkisz liście.

W opracowaniu dodatkowo zastosowano wyliczenia dotyczące emisji CO₂ powstającego podczas uprawy tych dwóch podgatunków pszenic, co dostarczyło cennych danych, których upowszechnienie może ułatwić ocenę skuteczności podejmowanych działań, zmierzających w kierunku redukcji emisji gazów cieplarnianych. Ocena ilościowa emisji dwutlenku węgla oraz identyfikacja źródeł emisji w uprawie tych podgatunków pszenicy wniosły szereg nowych i interesujących informacji, które pozwoliły na wyciągnięcie wniosków istotnych nie tylko dla nauki, ale również dla praktyki rolniczej. Badania dowiodły, że uprawa pszenicy orkisz, mimo jej potencjalnych zalet jakościowych, generowała wyższe wartości emisji CO₂ w

porównaniu do pszenicy zwyczajnej, co może stanowić wyzwanie dla rolników dążących do redukcji śladu węglowego gospodarstw. Największą emisję CO₂ obserwowano po zastosowaniu 90 kg N·ha⁻¹. Z kolei najniższe wartości emisji CO₂ oraz śladu węglowego (CF), niezależnie od podgatunku pszenicy, generowało zastosowanie 15 t·ha⁻¹ obornika.

Ważnym aspektem podjętych badań jest również podkreślenie roli opadów atmosferycznych, które okazały się mieć większy wpływ na długość okresów rozwojowych pszenicy niż temperatura powietrza. Fakt ten może mieć istotne znaczenie dla realizowanych w przyszłości badań dotyczących adaptacji odmian pszenicy do zmieniających się warunków klimatycznych, co może również przyczynić się do lepszego przystosowania rolnictwa do potencjalnych skutków zmian klimatu.

W przedstawionej monografii zawarto również szczegółowe analizy dotyczące efektywności wykorzystania azotu przez poszczególne odmiany, co jest kluczowe zarówno z perspektywy ekonomicznej, jak i ekologicznej. Największa produktywność zastosowanego i pobranego azotu w przedziale 0–90 kg N·ha⁻¹ charakteryzowała odmianę orkisz 'Badenstern'. Wysokimi zdolnościami przetworzenia pobranego azotu na plon użytkowy, dla dawek 60 i 90 kg N·ha⁻¹, wyróżniały się także odmiany 'Badengold' oraz 'Schwabenspelz'. Uzyskane wyniki potwierdzają, że optymalizacja dawek nawożenia może prowadzić do zmniejszenia kosztów produkcji oraz ograniczyć nadmierną emisję azotu do środowiska, co jest bardzo istotne w kontekście wyzwań związanych z ochroną gleb i wód.

Reasumując, przeprowadzone badania prezentują nieliczne jak dotąd w literaturze kompleksowe podejście do problematyki związanej z uprawą pszenicy orkisz na tle pszenicy zwyczajnej, uwzględniając zarówno aspekty agrotechniczne, jak i ekologiczne. Wyniki wieloletnich badań pozwalają na stwierdzenie, że pszenica orkisz różni się od pszenicy zwyczajnej pod względem cech biologicznych, gospodarczych, adaptacyjnych oraz potrzeb nawozowych. W warunkach środowiskowych regionu Wielkopolski zwiększenie produktywności pszenicy orkisz oraz uprawa w bardziej zintensyfikowanych systemach gospodarowania jest możliwa poprzez właściwy dobór odmiany oraz dostosowanie dawki nawożenia azotowego, dzięki czemu wykorzystany zostanie jej potencjał plonowania, co przełoży się na redukcję emisji gazów cieplarnianych do atmosfery. Uzyskane wyniki mają istotne znaczenie dla rozwoju nauk rolniczych oraz praktyki rolniczej, zwłaszcza w zakresie zwiększania efektywności produkcji oraz ograniczania jej negatywnego wpływu na środowisko. Opracowanie podkreśla znaczenie doboru odmian pod kątem specyficznych warunków glebowo-klimatycznych i stanowi cenną wskazówkę dla rolników oraz doradców agrotechnicznych, dążących do optymalizacji upraw w warunkach

lokalnych. Wyniki stanowią solidną podstawę do dalszych badań naukowych oraz praktycznych wdrożeń w rolnictwie, ukierunkowanych na zrównoważony rozwój i adaptację do zmieniających się warunków klimatycznych.

4.2.6. Literatura

1. Andruszczak, S. (2018). Spelt wheat grain yield and nutritional value response to sowing rate and nitrogen fertilization. *J. Anim. Plant Sci.* 28(5), 1476–1484.
2. Andruszczak, S., Kwiecińska-Poppe, E., Kraska, P., Pałys, E. (2011). Yield of winter cultivars of spelt wheat (*Triticum aestivum* ssp. *spelta* L.) cultivated under diversified conditions of mineral fertilization and chemical protection. *Acta Sci. Pol., Agric.*, 10(4), 5–14.
3. Biel, W., Hury, G., Maciorowski, R., Kotlarz, A., Jaskowska, I. (2010). Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem na skład chemiczny ziarna dwóch odmian orkiszu (*Triticum aestivum* ssp. *spelta* L.). *Acta Sci. Pol., Zootech.*, 9(4), 5–14.
4. Bojňanská, T., Frančáková, H. (2002). The use of spelt wheat (*Triticum Spelta* L.) for baking applications. *Plant Soil Environ.*, 48(4), 141–147.
5. Bonafaccia, G., Galli, V., Francisci, R., Mair, V., Skrabanja, V., Kreft, I. (2000). Characteristics of spelt wheat products and nutritional value of spelt wheat-based bread. *Food Chem.*, 68, 437–441.
6. Budzyński, W. (2012). Pszenica na świecie i w Polsce. W: *Pszenice – zwyczajna, orkisz, twarda. Uprawa i zastosowanie*. Red. Budzyński W., PWRiL Poznań, 13–22.
7. Buniak, W. (1990). Wpływ nawadniania i nawożenia na skład jakościowy gleb i roślin. *Rozpr. Nauk. AR Wroc.*, 89.
8. Cacak-Pietrzak, G., Ceglińska, A., Haber, T. (1999). Wartość technologiczna wybranych odmian pszenicy ozimej w zależności od zróżnicowanego nawożenia azotowego. *Pam. Puł.*, 118, 45–56.
9. Cacak-Pietrzak, G., Gondek, E. (2010). Właściwości przemiałowe ziarna orkiszu i pszenicy zwyczajnej. *Acta Agroph.*, 16(2), 263–273.
10. Campbell, K.G. (1997). Spelt: agronomy, genetics and breeding. *Plant Breeding Reviews* 15, 188–213.
11. Castagna, R., Minoia, C., Porfiri, O., Rocchetti, G. (1996). Nitrogen level and seeding rate effects on the performance of hulled wheats *Triticum monococcum* L., *T. dicoccum* Schübler and *T. spelta* L. evaluated in contrasting agronomic environments. *J. Agron. Crop Sci.*, 176: 173–181.
12. Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych (COBORU), (2023). Gatunki, których odmiany wpisane są do krajowego rejestru (KR). Available at: https://www.coboru.gov.pl/pl/kr/kr_gat
13. Cyrkler-Degulis, M., Bulińska-Radomska, Z. (2006). Plonowanie i zdrowotność odmian i populacji czterech gatunków pszenicy ozimej w warunkach gospodarstw ekologicznych. *J. Res. Appl. Agric. Eng.*, 51(2), 17–21.
14. Delogu, G., Cattivelli, L., Pecchioni, N., De Falcis, D., Maggiore, T., Stanca, A. (1998). Uptake and agronomic efficiency of nitrogen in winter barley and winter wheat. *Eur. J. Agron.*, 9, 11–20.
15. Dostatny, D.F., Tyburski, J., Żurek, M. (2020). *Vademecum dawnych roślin uprawnych*. *Mon. Rozpr. Nauk. IHAR – PIB, Radzików*, 52, 1–200.

16. Escarnot, E., Jacquemin, J.M., Agneessens, R., Paquot, M. (2012). Comparative study of the content and profiles of macronutrients in spelt and wheat, a review. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 16(2), 243–256.
17. European Commission (EC), (2023). Common catalogue of varieties of agricultural plant species – Consolidated version 27.01.2023. Available at: https://food.ec.europa.eu/system/files/2023-08/plant-variety-catalogues_agricultural-plant-species.pdf [data dostępu 11.08.2023r.]
18. Feledyn-Szewczyk, B., Duer, I. (2005). Konkurencyjność kilku odmian pszenicy ozimej uprawianej w ekologicznym systemie produkcji w stosunku do chwastów. *Post. Ochr. Roślin.*, 45(1), 126–133.
19. Feledyn-Szewczyk, B., Duer, I. (2006). Ocena konkurencyjności odmian pszenicy ozimej uprawianej w ekologicznym systemie produkcji w stosunku do chwastów. *J. Res. Appl. Agric. Eng.*, 51(2), 30–35.
20. Fotyma, E. (1990). Określenie potrzeb nawozowych roślin w stosunku do azotu na przykładzie jęczmienia jarego. *Fragm. Agron.*, 7(4), 4-78.
21. Fotyma, E. (1997). Efektywność nawożenia azotem podstawowych roślin uprawy polowej. *Fragm. Agron.*, 14(1), 46-66.
22. Gawlik-Dziki, U., Świeca, M., Dziki, D. (2012). Comparison of phenolic acids profile and antioxidant potential of six varieties of spelt (*Triticum spelta* L.). *J. Agric. Food Chem.*, 60, 4603–4612.
23. Gomez-Becerra, H.F., Erdem, H., Yazici, A., Tutus, Y., Torun, B., Oztruk, L., Cakmak I. (2010). Grain concentrations of protein and mineral nutrients in a large collection of spelt wheat grown under different environments. *J. Cereal Sci.*, 52(3), 342–349.
24. Grela, E.R. (1996). Nutrient composition and content of antinutritional factors in spelt (*Triticum spelta* L.) cultivars. *J. Sci. Food Agric.*, 71, 399-404.
25. Grzebisz, W. (1988). Środowiskowe i fizjologiczne uwarunkowania produktywności pszenicy ozimej uprawianej w zmianowaniach ze wzrastającym udziałem zbóż. *Rocz. AR Pozn. Rozpr. Nauk.* 182.
26. GUS (2023). Rocznik Statystyczny Rolnictwa 2023. Warszawa, 1–441.
27. Hillocks, R. (2012). Farming with fewer pesticides: EU pesticide review and resulting challenges for UK agriculture. *Crop. Prot.*, 31, 85–93.
28. Jablonskytė-Raščė, D., Maikštėnienė, S., Mankevičienė, A. (2013). Evaluation of productivity and quality of common wheat (*Triticum aestivum* L.) and spelt (*Triticum spelta* L.) in relation to nutrition conditions. *Zemdirbyste-Agriculture*, 100(1), 45–56.
29. Jankowiak, J. (1991). Efektywność produkcyjna i ekonomiczna oraz optymalizacja nawożenia azotem pszenicy ozimej i ziemniaka w zależności od deszczowania. *Wyd. IUNG Puławy, Ser. R*, 282.
30. Knapowski, T., Ralcewicz, M. (2004). Ocena wskaźników jakościowych ziarna i mąki pszenicy ozimej w zależności od zróżnicowanego nawożenia azotem. *Annales UMCS, Sec., E*, 59(2), 959–968.
31. Konvalina, P., Moudrý, J., Capouchová I. (2013). Agronomic characteristics and baking quality of *Triticum spelta* L. *Lucrări Științifice s. Agronomie*, 56(1), 11–14.
32. Kopiński, J. (2018). Zróżnicowanie gospodarki nawozowej azotem w polskim rolnictwie. *Pol. J. Agron.*, 32, 3–16.
33. Koziara, W., Sulewska, H., Panasiewicz, K. (2007). Efektywność nawożenia azotem pszenicy ozimej w zależności od sposobu uprawy roli. *Fragm. Agron.*, 24(3), 238-244.

34. Kundzewicz, Z. W., Kozyra, J. (2011). Ograniczanie wpływu zagrożeń klimatycznych w odniesieniu do rolnictwa i obszarów wiejskich. *Pol. J. Agron.*, 7, 68–81.
35. Kuś, J., Kopiński, J. (2012). Gospodarowanie glebową materią organiczną we współczesnym rolnictwie. *Zagadnienia Doradztwa Rolniczego*, 2(68), 5–27.
36. Kwiatkowski, C.A., Haliniarz, M., Tomczyńska-Mleko, M., Mleko, S., Kawecka-Radomska, M. (2015). The content of dietary fiber, amino acids, dihydroxyphenols and some macro- and micronutrients in grain of conventionally and organically grown common wheat, spelt wheat and millet. *Agric. Food Sci.*, 24, 195–205.
37. Longin, C.F.H., Würschum T. (2016). Back to the future – tapping into ancient grains for food diversity. *Trends in Plant Sci.*, 21(9), 731–737.
38. Małecka, I. (2003). Studia nad plonowaniem pszenicy ozimej w zależności od warunków pogodowych i niektórych czynników agrotechnicznych. *Rocz. AR Pozn. Rozpr. Nauk.* 335, 1–121.
39. Moudrý, J., Konvalina, P., Stehno, Z., Capouchová, I., Moudrý, J. Jr. (2011). Ancient wheat species can extend biodiversity of cultivated crops. *Sci. Res. Essays*, 6(20), 4273–4280.
40. Neeson, R. (2011). Organic spelt production. Climate and water research, Yanco. Industry & Investment NSW Government, 1–8.
41. Panasiewicz, K., Koziara, W., Sulewska, H. (2011). Produktywność azotu w uprawie pszenicy twardej jarej (*Triticum durum* Desf.). *Nauka Przyr. Technol.*, 5(2), #13.
42. Pawlak, J. (2017). Poziom i struktura emisji gazów cieplarnianych w rolnictwie. *Probl. Inż. Rol.*, 4(98), 55–63.
43. Pecio, A. (2017). Efektywność wykorzystania azotu – sposoby wyznaczania oraz zastosowanie w badaniach rolniczych. *Studia i Raporty IUNG – PIB*, 53(7), 39–53.
44. Pecio, A. (2021). Teoretyczne podstawy określania wymagań pokarmowych roślin i potrzeb nawożenia. *Studia i Raporty IUNG – PIB*, 65(19), 173–195.
45. Podolska, G. (2009). Reakcja pszenicy ozimej na nawożenie azotem w doświadczeniach wazonowych. *Biul. Inst. Hod. Aklim. Rośl.*, 253, 83–91.
46. Podolska, G., Boguszevska, E., Mikos, M., Antoniuk, M. (2011). Wartość technologiczna ziarna i mąki *Triticum spelta*, *Triticum durum* i *Triticum aestivum* w zależności od dawki azotu i niedoboru wody w glebie. *Ogólnopolska Konferencja Naukowa nt. Hodowla, uprawa i wykorzystanie pszenicy orkisz (Triticum aestivum ssp. spelta) w warunkach zmian klimatu*. *Mat. Konf.*, Puławy, 28–29 czerwca, 31–33.
47. Podolska, G., Rothkaehl, J., Górniak, W., Stępniewska, S. (2015). Wpływ nawożenia azotem i gęstości siewu na plon i wartość wypiekową pszenicy orkisz (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*) odmiany Rokosz. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, Sect. E*, 70(1), 93–103.
48. Pospíšil, A., Pospíšil, M. (2021). The effect of organic fertilizers on the spelt yield and the yield of its components. *Poljoprivreda, Agriculture*, 27(1), 37–43.
49. Pospíšil, A., Pospíšil, M., Brčić M. (2016). Influence of seeding and nitrogen topdressing upon the agronomic traits of spelt (*Triticum spelta* L.). *Rom. Agric. Res.*, 33, 235–240.
50. Rachoń, L., Krochmal-Marczak, B., Cebulak, T. (2020). Przydatność ziarna jarej pszenicy zwyczajnej, twardej i orkiszowej do produkcji pieczywa w zależności od intensywności technologii produkcji. *Agron. Sci.*, 75(2), 25–36.
51. Rachoń, L., Szumiło, G., Nita, Z. (2009). Plonowanie ozimych rodów *Triticum durum* i *Triticum aestivum* ssp. *spelta* w warunkach okolic Lublina. *Annales UMCS, Sec., E*, 64(3), 101–109.

52. Radzikowska, D. (2020). Ocena wartości biologicznej i rolniczej oraz odporności na stresy abiotyczny i biotyczny wybranych odmian ozimych pszenicy orkisz. Poznań, Rozprawa doktorska, 1–196.
53. Raman, H., Rahman, R., Luckett, D., Raman, R., Bekes, F., Láng, L., Bedo, Z. (2009). Characterisation of genetic variation for aluminium resistance and polyphenol oxidase activity in genebank accessions of spelt wheat. *Breeding Sci.*, 59, 373–381.
54. Rimle, R., Rüegger, A., Schmid, J., Stamp, P. (1995). Vergleich von Weizen und Dinkel sowie ihrer F1-Hybriden. *Agrarforschung*, 2 (11/ 12), 512–515.
55. Salvatore, DiF. (2012). On the value of agricultural biodiversity. *Annu. Rev. Resour. Econ.* 9(4), 207–223.
56. Siebeneiher, G.E. (1997). Podręcznik rolnictwa ekologicznego dla różnych kierunków i dziedzin (tłum. zbiorowe pod red. Ostrowskiej D.), Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, ss. 524.
57. Skowera, B., Puła, J. (2004). Skrajne warunki pluwiotermiczne w okresie wiosennym na obszarze Polski w latach 1971–2000. *Acta Agroph.*, 3(1), 171–177.
58. Skrajda-Brdak, M., Konopka, I., Tańska, M., Sulewska H. (2018). Phenolic nutrient composition and grain morphology of winter spelt wheat (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*) cultivated in Poland. *Qual. Assur. Saf. Crop. Foods*, 10(3), 285–295.
59. Stankowski, S., Hury, G., Markiewicz, A., Jurgiel-Małecka, G., Gibczyńska, M. (2016). Analiza zawartości składników mineralnych w ziarnie orkisz ozimego (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*) w zależności od systemu uprawy, nawożenia azotowego i odmiany. *Inż. Ekolog.*, 49, 227–232.
60. Su, W.H., Sun, D.W. (2016). Facilitated wavelength selection and model development for rapid determination of the purity of organic spelt (*Triticum spelta* L.) flour using spectra imaging. *Talanta* 155, 347–357.
61. Sulewska, H. (2004). Charakterystyka 22 genotypów pszenicy orkisz (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*) pod względem wybranych cech. *Biul. Inst. Hod. Aklim. Rośl.*, 231, 43–53.
62. Sulewska, H. (2004a). Wpływ wybranych zabiegów agrotechnicznych na plonowanie i skład chemiczny ziarna formy ozimej orkisz pszennego (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*). *Pam. Puł.*, 135, 285–293.
63. Sulewska, H. (2012). Pszenica orkisz. W: *Pszenice – zwyczajna, orkisz, twarda. Uprawa i zastosowanie*. Red. Budzyński W., PWRiL Poznań, 151–183.
64. Sulewska, H., Koziara, W., Panasiewicz, K., Ptaszyńska, G., Morozowska, M. (2008). Skład chemiczny ziarna oraz plon białka odmian ozimych orkisz pszennego w zależności od wybranych czynników agrotechnicznych. *J. Res. Appl. Agric. Eng.*, 53(4), 92–95.
65. Sułek, A., Podolska, G., Leszczyńska, D., Noworolnik, K. (2007). Reakcja zbóż na nawożenie azotem. *Studia i Raporty IUNG – PIB*, 9, 29–36.
66. Szafrński, W. (1995). Wpływ poziomu i sposobu nawożenia azotowego na plonowanie wybranych odmian jęczmienia jarego i owsa w zróżnicowanych warunkach siedliskowych Pogórza. Cz. I. Współczynnik zbioru i wysokości plonu ziarna. *Zesz. AR w Krakowie, Rol.*, 32, 99–111.
67. Tyburski, J., Babalski M. (2006). Uprawa pszenicy orkisz, poradnik dla rolników. Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie, Oddz. W Radomiu, ss. 25.

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

Przed uzyskaniem stopnia doktora

Działalność naukową rozpoczęłam w 2003 roku wraz z podjęciem studiów doktoranckich na Wydziale Rolniczym, Akademii Rolniczej w Poznaniu, w Katedrze Uprawy Roli i Roślin. Poza realizacją tematu związanego z przyszłą pracą doktorską zostałam włączona do zespołu badawczego kierowanego przez Panią Prof. dr hab. Hannę Sulewską, zajmującego się doskonaleniem agrotechniki i użytkowania kukurydzy na cele paszowe i przemysłowe. Uczestniczyłam w opracowaniu założeń i koncepcji badań, prowadzeniu obserwacji polowych i laboratoryjnych oraz merytorycznym opracowywaniu wyników. Zebrane dane dotyczące tematyki związanej ze zmieniającą się pod wpływem warunków siedliskowych i agrotechnicznych zdrowotnością różnych odmian kukurydzy stanowiły podstawę do napisania 3 artykułów naukowych pozwalających na sformułowanie następujących wniosków: stopień porażenia roślin kukurydzy przez *Fusarium* spp. oraz *Ustilago zeae* Unger. był zróżnicowany w latach i ulegał silnym zmianom pod wpływem zmiennych warunków środowiskowych, zależał od stanu fizjologicznego roślin oraz wczesności odmiany a opóźniony termin zbioru prowadził do istotnego wzrostu porażenia roślin kukurydzy przez *Fusarium* spp. w postaci zgorzeli podstawy łodygi. Dodatkowo odmiany kukurydzy charakteryzujące się szybszym tempem początkowego wzrostu roślin były mniej podatne na uszkodzenia powodowane przez ploniarke zbożówkę i nie wykazano związku podatności na omacnicę prosowiankę z wczesnością odmiany (załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 6, 1-2). Uczestniczyłam również w badaniach, których celem było określenie skuteczności działania wybranych herbicydów oraz wskazanie możliwości skutecznego odchwaszczania plantacji bez użycia triazyn lub przy ograniczeniu ich dawek. Wykazano w nich, że najskuteczniejszy w ograniczaniu masy chwastów okazał się *MaisTer 310 WG + Artrib B842 EC*, zwalczając zarówno chwasty jednoliścienne i dwuliścienne, a o skuteczności zwalczania chwastów jednoliściennych przez *Gesaprim 500 SC* decydował przebieg warunków pogodowych. Ponadto powschodowa walka z chwastami była metodą bardziej przyjazną środowisku niż odchwaszczanie przedwschodowe, chociaż droższą i bardziej zawodną przy niesprzyjających warunkach pogody (załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 1-2). Wzrastające zainteresowanie proekologicznymi metodami produkcji, zaowocowały podjęciem badań dotyczących reakcji kukurydzy na stosowanie doglebowych preparatów mikrobiologicznych. Obrany kierunek badań wynikał z potrzeby lepszego rozpoznania drobnoustrojów zasiedlających ryzosferę korzeniową zbóż, a w

szczegółności zwiększenia wykorzystania azotu pochodzącego z nawozów mineralnych i materii organicznej gleby, poprzez wprowadzenie aktywnych szczepów drobnoustrojów. Mikroorganizmy glebowe żyjąc w asocjacji z korzeniami wielu gatunków jednoliściennych mają zdolność wytwarzania m.in. substancji wzrostowych, które stymulują rozwój systemu korzeniowego i powodują usprawnienie pobierania wody oraz soli mineralnych przez rośliny, co może wpływać na zwiększenie plonowania. Uzyskane wyniki wskazały, że stosowanie preparatów mikrobiologicznych w uprawie kukurydzy na ziarno, pomimo wystąpienia bardzo różnych warunków pogodowych w poszczególnych latach, nie prowadziło do znaczących zmian w plonowaniu kukurydzy, poza jednym rokiem, w którym użycie *Phylazonit M* spowodowało 3,15% przyrost plonu ziarna. Wprowadzenie tego preparatu do gleby poprawiało również stan odżywienia roślin, wyrażony jednostkami SPAD. Wszystkie badane mikrobiologiczne preparaty dogłębnie powodowały wzrost wilgotności ziarna przy zbiorze, co świadczy o tendencji roślin kukurydzy do wydłużania okresu wegetacji pod ich wpływem (**załącznik 6, II, pkt. 2, poz. 1; pkt. 4.1., poz. 4**).

Po uzyskaniu stopnia doktora

Po uzyskaniu stopnia doktora w 2007 r. zostałam zatrudniona na stanowisku asystenta w KURiR, AR im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu. Aktywne włączenie się w badania statutowe Katedry oraz czynny udział w organizowanych konferencjach poszerzyły moją wiedzę zarówno teoretyczną, jak i metodyczną, którą wykorzystałam w późniejszej pracy naukowej. Moje zainteresowania koncentrowały się na następujących zagadnieniach:

- optymalizacja agrotechniki kukurydzy, rzepaku oraz roślin zbożowych w warunkach agroekologicznych Wielkopolski,
- doskonalenie technologii uprawy roślin bobowatych,
- ocena zachwaszczenia i zdrowotność kukurydzy oraz wierzby energetycznej,
- wydajność i jakość paszowa kukurydzy i łubinu,
- wartość siewna i wigor nasion,
- nawozowe wykorzystanie substancji odpadowych w rolnictwie.

Powyższe tematy badawcze były realizowane w ramach działalności statutowej lub jako projekty finansowane ze środków MRiRW, w których byłam wykonawcą.

Optymalizacja agrotechniki kukurydzy, rzepaku oraz roślin zbożowych w warunkach agroekologicznych Wielkopolski

W trakcie mojej pracy naukowej zajmowałam się problematyką związaną z optymalizacją agrotechniki kukurydzy. Inspiracją do tak ukierunkowanych badań

były doświadczenia polowe realizowane w ramach rozprawy doktorskiej oraz działalności statutowej Katedry. W szczególności dotyczyły one określenia optymalnej gęstości siewu i formy nawożenia azotowego z wykorzystaniem potencjału plonotwórczego mieszańców kukurydzy zróżnicowanych pod względem wczesności i efektu „stay-green” (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 31, 33, 35**). Badane odmiany kukurydzy plonowały na wyrównanym poziomie od 10,31 do 10,53 t·ha⁻¹, z wyjątkiem wczesnego mieszańca ‘PR39D60’, którego plon ziarna był istotnie mniejszy i wyniósł 8,96 t·ha⁻¹. Średnio, niezależnie od odmiany, największe plony ziarna uzyskano po wysiewie 7 nasion na 1 m² (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 31, 33**). Ważne zagadnienie stanowiły również badania dotyczące możliwości ograniczenia ilości nawozu azotowego w zależności od szybkości jego działania i zastosowanej dawki magnezu. Badania dowiodły, że zarówno dawka, jak i rodzaj nawozu azotowego miały istotny wpływ na zawartość i plon białka. Ziarno odmiany „stay-green” ‘ES Paroli’, w każdej kombinacji nawozowej, charakteryzowało się większą zawartością i plonem białka, w porównaniu do ziarna odmiany tradycyjnej ‘ES Palazzo’. Nawożenie odmiany „stay-green” ‘ES Paroli’ wolnodziałającymi nawozami azotowymi, takimi jak siarczan amonu i mocznik przyczyniło się do wzrostu plonu białka. Odmiana ta okazała się również bardziej proekologiczna i lepiej dostosowana do integrowanej uprawy, dzięki większej zdolności wykorzystania azotu z gleby i nawozu (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 35**).

Kukurydza dzięki wieloletniej i intensywnej pracy hodowców została dość dobrze przystosowana do naszych warunków klimatycznych i bardzo szybko zyskała uznanie wśród producentów. Intensywny wzrost powierzchni uprawy gatunek ten zawdzięcza m. in. małym wymaganiom glebowym, dzięki czemu w sprzyjających warunkach wilgotnościowych daje plony ziarna znacznie przewyższające uprawianą na dobrych glebach pszenicę. Kukurydza należy również do nielicznych gatunków roślin względnie dobrze tolerujących uprawę w monokulturze, niekiedy nawet wieloletniej. Za takim sposobem uprawy kukurydzy po sobie, bez zachowania prawidłowego zmianowania, przemawiają względy ekonomiczno-organizacyjne, jednak równocześnie wzrasta ryzyko spadku plonowania. Pogorszenie warunków siedliskowych będące następstwem uprawy roślin w monokulturze można po części ograniczyć, poprzez wprowadzenie do gleby trwałej materii organicznej. Dlatego podjęto badania, których celem była ocena wpływu stosowania obok nawożenia mineralnego nawozów naturalnych (obornik, gnojowica), słomy lub międzyplonu (żyto ozime + wyka ozima) na ograniczenie ujemnych skutków uprawy kukurydzy w monokulturze, przy jednoczesnym wzroście plonu ziarna i surowca do zakiszania. W tym celu założono dwie serie doświadczeń: jedną na glebie klasy IIIa, a drugą na glebie

klasy IVb. Wykazano, że stosowanie nawozów naturalnych, słomy lub międzyplonu żyta z wyką ograniczało ujemne skutki uprawy kukurydzy w monokulturze i wpłynęło na istotne zwiększenie plonu suchej masy całych roślin uprawianych na glebie klasy IIIa. Z kolei w uprawie kukurydzy na ziarno zastosowanie pełnej dawki obornika na kompleksie pszennym dobrym oraz przyoranie słomy żytniej z dodatkiem $40 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ gnojowicy na kompleksie żytnim prowadziło do wzrostu plonu ziarna. Niezależnie od klasy gleby, nawozami, które najsilniej stymulowały tworzenie kolb był obornik stosowany w pełnej dawce. Natomiast przyoranie słomy żytniej z dodatkiem $40 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ gnojowicy lub azotu mineralnego sprzyjało wytwarzaniu większej liczby ziaren w kolbie o większej MTZ (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 53, 63**).

Konieczność stosowania praktyk przyjaznych środowisku podyktowana przepisami prawa wprowadzonymi przez Unię Europejską (Dyrektywa UE 2009/128) oraz zaleceniami integrowanej ochrony/uprawy roślin obowiązującej w Polsce od 2014 roku stała się wyzwaniem zarówno dla nauki, jak i praktyki rolniczej. Te uregulowania prawne doprowadziły do wzrostu zainteresowania zarówno wśród badaczy, jak i producentów rolnych produktami i technologiami umożliwiającymi optymalizację pobierania składników pokarmowych z gleby z równoczesną poprawą jej właściwości chemicznych, biologicznych i fizycznych. Dlatego przeprowadzono badania dotyczące stosowania bioaktywnych związków mineralnych MIP, które są obecne w nawozie PRP SOL oraz PRP EBV. Ten obszar badań wskazał jak ważną rolę pełnią mikroorganizmy glebowe w rolnictwie i dlatego ważna jest współpraca pomiędzy tymi dwoma dziedzinami nauki. Przedmiotem badań była ocena wpływu stosowania nawozów PRP SOL i PRP EBV na rozwój i plonowanie roślin zbożowych (pszenica ozima, jęczmień jary, kukurydza), rzepaku ozimego, ziemniaków oraz łubinu żółtego. Ponadto przeprowadzono ocenę gleby i zachodzących w niej zmian pod kątem mikrobiologicznym, chemicznym i fizycznym. Rezultaty badań zostały opublikowane w krajowych czasopismach naukowych, jak i międzynarodowych (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 25, 29-30, 45, 49-52, 62**). Uzyskane wyniki dotyczące wpływu nawożenia PRP SOL oraz PRP EBV pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

- w uprawie ziemniaków, roślin zbożowych i rzepaku można zastąpić tradycyjne nawozy fosforowo-potasowe nawozem PRP SOL lub PRP EBV stosowanym oddzielnie,
- stosowanie nawozu PRP SOL może być szczególnie przydatne do upraw nasiennych, gdyż po jego zastosowaniu wzrósł udział frakcji sadzeniaków w plonie kłębów,
- rośliny uprawiane z użyciem PRP SOL charakteryzował wyższy wskaźnik zieloności SPAD, a niższa aktywność fosfatazy wskazywała na dobre odżywienie fosforem i potasem,

- stosowanie PRP SOL lub PRP EBV poprawiało parametry aktywności fotosyntezy u roślin zbożowych, przy czym u kukurydzy silniejszy efekt zaobserwowano po nawożeniu PRP EBV, podczas gdy u pszenicy ozimej i jęczmienia jarego na obiektach z PRP SOL,
- nawóz PRP SOL może być szczególnie przydatny w uprawie jęczmienia browarnego z uwagi na korzystny wzrost udziału frakcji ziarna dorodnego – powyżej 2,5 mm, przy równoczesnym spadku udziału ziarniaków drobniejszych,
- wprowadzenie technologii nawożenia PRP SOL w płodozmianie skutkowało istotnym wzrostem zawartości magnezu w glebie ($1,1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby), poprawiało stan ekologiczny gleby, zwiększając w niej ilość bakterii oligotroficznych i *Actinobacteria*,

Z kolei badania dotyczące efektów stosowania nawozów PRP oraz inokulacji i koinokulacji mikrobiologicznych w uprawie łubinu żółtego pozwalają stwierdzić, że stosowanie większości badanych wariantów nawożenia i szczepienia przyczyniło się do obniżki plonu, największej po aplikacji PRP EBV w postaci oprysku nalistnego wraz z inokulacją nasion przed siewem. Najkorzystniejszy wpływ na elementy struktury plonu miało szczepienie nasion nitraginą, które istotnie zwiększyło MTN, liczbę i masę nasion na roślinie oraz nieistotnie świeżą masę części nadziemnej i korzenia (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 62**).

Praktyka rolnicza nieustannie poszukuje innowacyjnych rozwiązań mających na celu nie tylko zwiększenie poziomu plonowania uprawianych gatunków roślin, ale także podnoszących jakość płodów rolnych. W celu ograniczenia negatywnych skutków występowania różnego rodzaju stresów biotycznych i abiotycznych w trakcie wegetacji roślin coraz powszechniej sięgamy po różnego rodzaju preparaty przyporządkowywane do grupy biostymulatorów. Producenci podają, że produkty te ułatwiają roślinom regenerację po wystąpieniu czynników stresowych, a także poprawiają ilość i jakość zbieranych plonów. Mając powyższe na uwadze, za zasadne uznano sprawdzenie korzyści jakie można osiągnąć stosując produkty poprawiające tolerancję roślin na niekorzystne warunki środowiskowe tj. stres zima w uprawie kukurydzy, która jako gatunek o wysokich wymaganiach termicznych narażona jest na szereg stresów szczególnie w początkowym okresie wzrostu i rozwoju. Badania miały na celu ocenę wpływu trzech biostymulatorów (Kelpak – płynny koncentrat z alg *Ecklonia maxima*, Nano Active – zawierający nanocząsteczki mineralne, Dynamic Cresco – zawierający nanocząsteczki cynku) na plonowanie, zawartość chlorofilu, poziom asymilacji CO_2 i skuteczność fotosyntezy typ II kukurydzy uprawianej w warunkach stresu zimna. Badania pokazały, że stres spowodowany zimnem prowadził do znacznego obniżenia wartości wszystkich parametrów fluorescencji chlorofilu i fotosyntezy. Niezależnie od zastosowanego biostymulatora, po regeneracji

roślin wartości tych parametrów znacznie wzrosły. Aplikacja Dynamic Cresco i Nano Active znacząco zwiększyła wartość maksymalną netto szybkości fotosyntezy (odpowiednio o 15,37% i 18,85%) oraz zawartość chlorofilu w liściach (odpowiednio o 7,8% i 8,7%). W porównaniu z kontrolą, zastosowanie Dynamic Cresco zwiększyło o 43,4% suchą masę roślin. Podsumowując, dolistne stosowanie ekstraktu z wodorostów i nanonawozów w uprawie kukurydzy może być skuteczną metodą łagodzenia negatywnych skutków stresu spowodowanego zimnem (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 76**).

Wzrastające zapotrzebowanie na pszenicę orkisz związane z jej wysokimi walorami odżywczymi i jednocześnie niski potencjał plonowania wyraźnie wskazują na potrzebę rozpowszechnienia uprawy tego gatunku w gospodarstwach konwencjonalnych. Dotychczasowe badania z zakresu agrotechniki pszenicy orkisz kontynuuję i poszerzam o nowe aspekty. Poza publikacją stanowiącą osiągnięcie habilitacyjne w moim dorobku naukowym znajdują się również prace z zakresu plonowania i jakości ziarna ozimych odmian orkiszu, uprawianych w warunkach stosowania zróżnicowanych dawek obornika oraz terminu i ilości wysiewu (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 4, 5, 16**). Celem badań było wskazanie optymalnego terminu i ilości wysiewu dla dwóch ozimych odmian orkiszu oraz ocena zmian w składzie chemicznym ziarna. Badania dowiodły, że w warunkach środkowej Wielkopolski odmiana 'Schwabenkorn' plonowała o 1,6 dt·ha⁻¹ (6,23%) wyżej niż 'Bauländer'. Odmiany te różnie reagowały na opóźnienie siewu z I do III dekadry października. Niżej plonująca odmiana 'Bauländer' nie reagowała istotnymi zmianami plonu na opóźnienie siewu, natomiast 'Schwabenkorn' plonowała istotnie niżej, a spadek plonu wyniósł 6,4 dt·ha⁻¹. Najkorzystniejszy dla tych odmian orkiszu okazał się wysiew 400 kg kłosek·ha⁻¹. Ziarno porównywanych odmian zawierało ok. 14% białka ogólnego. Różnice w zawartości tego składnika wynikające z wpływu badanych czynników były niewielkie i wahały się dla stosowanych ilości wysiewu od 13,91% do 14,04%, a dla terminów siewu od 13,61% do 14,38%. Pomimo różnej reakcji odmian na opóźnianie siewu, większy plon białka uzyskano we terminie wcześniejszym (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 4, 5**). W ramach współpracy z Katedrą Genetyki i Hodowli Roślin, UP w Poznaniu zrealizowano także badania których celem było wskazanie zależności pomiędzy dystansem genetycznym 22 genotypów orkiszu oraz 3 pszenicy zwyczajnej, a procentową zawartością białka. Analiza dendrogramu UPGMA pozwoliła wyróżnić trzy grupy zróżnicowania genetycznego obiektów w zależności od procentowej zawartości białka. W grupie pierwszej, gdzie podobieństwo pomiędzy analizowanymi obiektami wynosiło od 11% do 26%, znalazły się formy orkiszu charakteryzujące się najmniejszą zawartością białka. W drugiej grupie, w której podobieństwo mieściło się

w przedziale od 10% do 35%, znalazły się formy z największą ilością białka. Pozostałe formy orkisz i pszenicy zwyczajnej, charakteryzujące się średnią zawartością białka, znalazły się w trzeciej grupie zróżnicowania genetycznego, a podobieństwo genetyczne pomiędzy nimi wyniosło od 5% do 32% (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 22**).

Celem kolejnych badań było rozpoznanie reakcji dwóch ozimych odmian orkisz ('Schwabenspelz' i 'Badengold') na nawożenie obornikiem (0, 15 i 30 t·ha⁻¹) oraz określenie optymalnej dawki tego nawozu. Badane odmiany silnie reagowały na warunki pogodowe, szczególnie uwilgotnienie gleby w trakcie wegetacji. W korzystnym roku dla wzrostu i rozwoju wydały one dwukrotnie wyższe plony niż w roku z okresowym niedoborem wody. Korzystniejsze dla plonowania orkisz okazało się zastosowanie 15 t·ha⁻¹ obornika, a wyższa dawka tego nawozu nie tylko nie zwiększyła plonu ziarna, a często wywoływała tendencję do jego obniżenia. Wyżej plonującą odmianą okazała się 'Badengold', a różnica w plonach wynosiła 7,3 t·ha⁻¹, tj. 51% (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 16**).

Chcąc poszerzyć wiedzę na temat wymagań klimatycznych ozimych odmian orkisz, a zwłaszcza ich przydatności do uprawy i wykorzystania na terenie kraju podjęto badania, których celem było porównanie z pszenicą zwyczajną wartości rolniczej i technologicznej 14 ozimych odmian orkisz oraz ocena ich przydatności do uprawy w warunkach południowo-wschodniego regionu morza Bałtyckiego. Badania dowiodły, że odmiany 'Ceralio' i 'Schwabenspelz' charakteryzowały się wysokimi plonami, wyższą niż przeciętna zawartością białka i wysokimi cechami wypiekowymi. Ziarno badanych odmian orkisz, w porównaniu z pszenicą zwyczajną, charakteryzowało się lepszą jakością i dotyczyło to takich cech jak: jakość białka i potencjał fermentacji w cieście, wydajność mielenia, zawartość białka i glutenu, wartości wypiekowe (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 69**).

Poszukiwanie metod zwiększenia tolerancji roślin uprawnych na warunki stresu suszy, a tym samym na ich wzrost, rozwój i plonowanie zaowocowało przeprowadzeniem doświadczenia dotyczącego reakcji różnych odmian orkisz na szczepienie grzybami mikoryzowymi w warunkach suszy. Badania poszerzono o izolację i charakterystykę molekularną grzybów zasiedlających ryzosferę oraz endosferę korzeni pszenicy orkisz, które wykonano przy współudziale zespołu z IGR PAN w Poznaniu. Obserwacje przeprowadzone w warunkach szklarniowych dowodzą, że dużo większą tolerancją na suszę, w porównaniu z pszenicą zwyczajną 'Dakotana', charakteryzowały się odmiany orkisz 'Badenster', 'Zollernspelz' oraz 'Badenkrone'. Szczepienie odmiany 'Badenster' arbuskularnymi grzybami mikoryzowymi (AMF) *R. irregularis* przyczyniło się do zapewnienia roślinom lepszych warunków wzrostu, czego dowodem było zwiększenie akumulacji suchej masy całych

roślin, a także większa długość i objętość korzeni. Natomiast u odmiany 'Zollernspelz' zwiększyła się wydajność fotochemiczna Fotosystemu II oraz sucha masa i długość korzeni. Badania te dowiodły, że szczepienie arbuskularnymi grzybami mikoryzowymi (AMF) *R. irregularis* wpływa korzystnie na wzrost i akumulację suchej masy w roślinach orkisz uprawianego w warunkach niedoboru wody. Należy jednak pamiętać, że mikrobiom ryzosfery wchodząc w interakcję z korzeniami musi być ściśle dopasowany do gatunku rośliny, a nawet odmiany, aby zapewnić maksymalne korzyści z ich skojarzenia (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 72**).

Celem kolejnych badań w tym temacie była analiza stanu fizjologicznego kilkunastu odmian orkisz na tle pszenicy zwyczajnej w warunkach niedoboru wody. Do badań wytypowano sześć różnych odmian orkisz i zmierzono fotosyntezę, fluorescencję chlorofilu, względną zawartość wody oraz zawartość wolnej proliny i antocyjanów w dobrze nawodnionych i zestresowanych roślinach. Badania wykazały, że odmiany orkisz 'Franckenkorn' i 'Badengold' były znacznie bardziej odporne na niedobór wody niż pozostałe odmiany orkisz i pszenica zwyczajna. Ponadto, nieznaczne zmniejszenie asymilacji CO₂ (o 27%) i brak zmniejszenia szybkości transpiracji, przy jednoczesnym intensywnym akumulowaniu proliny (osiemnastokrotny wzrost) i antocyjanów (wzrost o 22%) wraz z nieznacznym wzrostem poziomu peroksydacji lipidów (1,9%) ujawnionym w odmianie 'Franckenkorn' dowodzą, że odmiana ta radzi sobie z suszą i nadaje się do uprawy na glebach o ograniczonej dostępności wody (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 75**).

Zainteresowania dotyczące tematu optymalizacji czynników agrotechnicznych w uprawie rzepaku ozimego stanowiły podstawę do szerszych analiz plonowania i cech morfologicznych rzepaku uprawianego w strefie klimatu umiarkowanego, w świetle możliwości siewu w klimacie suchym. Wspólnie z zespołem przeprowadziłam badania, których celem było określenie wpływu terminu i gęstości siewu na plonowanie i skład chemiczny nasion, dynamikę i rozwój roślin rzepaku ozimego, o różnym typie wzrostu i pokroju roślin. Badania wskazują, że spośród porównywanych terminów siewu, w regionie Wielkopolski 25 sierpień okazał się optymalny pod względem plonowania oraz plonu białka i tłuszczu. Nasiona rzepaku odmiany o typie wzrostu półkarłowego ('PR45D03') zawierały mniej białka i glukozyzolanów, ale więcej tłuszczu, w porównaniu do nasion odmiany mieszańcowej i populacyjnej. Ponadto nie wykazano istotnych różnic w plonowaniu, w zależności od gęstości siewu (40, 50 i 60 szt. nasion·m²), co ma szczególne znaczenie dla praktyki rolniczej i bezpośrednio przekłada się na koszty związane z zakupem materiału siewnego. Najwyższy plon białka i tłuszczu charakteryzował odmianę mieszańcową ('PR46W31'), a plon nasion odmiany półkarłowej był większy niż plon

odmiany populacyjnej wysianej później niż w terminie optymalnym (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 56, 67**).

Doskonalenie technologii uprawy roślin bobowatych

Dążenie do poprawy warunków siedliskowych, realizacja programów rolnośrodowiskowych, a także pilna potrzeba zwiększania produkcji krajowego białka paszowego przyczyniły się do podjęcia badań w zakresie doskonalenia technologii uprawy roślin bobowatych. Niewiele jest prac informujących o reakcji roślin strączkowych na uproszczenia w uprawie roli, szczególnie w badaniach łanowych. Dlatego prowadzono tego typu doświadczenia na polach, na których od 1992 roku stosowana była bezorkowa uprawa roli. Celem było porównanie plonu nasion, białka i energii metabolicznej grochu, łubinu żółtego, łubinu wąskolistnego i łubinu białego oraz ocena ekonomiczna uprawy. Przeprowadzone badania udowodniły, że spośród badanych gatunków, średnio najwyżżej plonował łubin biały, a najniżżej łubin żółty. Najwięcej białka z 1 ha dostarczył łubin biały, pozostałe gatunki mniej: łubin żółty o 25% (245 kg), łubin wąskolistny o 29% (284 kg) i groch o 42% (409 kg). Największą koncentracją energii metabolicznej w suchej masie 1 kg nasion przeznaczonych dla trzody chlewnej stwierdzono w nasionach grochu siewnego, a najniższą w nasionach łubinu żółtego i wąskolistnego. Najniższe koszty bezpośrednie poniesiono przy uprawie łubinu wąskolistnego, a najwyższe przy grochu siewnym. Podsumowując, można stwierdzić, iż uproszczona uprawa roli może być stosowana na stanowisku pod rośliny strączkowe, zarówno jednorazowo, jak i trwale, bez ryzyka uzyskania istotnie niższych plonów w porównaniu z konwencjonalnym płużnym systemem uprawy. Ponadto, wprowadzenie uprawy uproszczonej pozwala ograniczyć koszty, a zebrane nasiona nie odbiegają pod względem jakości od nasion uzyskanych w tradycyjnym systemie płużnym (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 54**).

Celem kolejnych badań była ocena produktywności łubinu wąskolistnego o różnych morfotypach, w zależności od sposobu i gęstości siewu. Badania wykazały, że warunki pogodowe w latach badań oraz odmiana istotnie modyfikowały plon nasion. Wyższym plonem nasion charakteryzowała się odmiana 'Bojar' i wynosił on 1,98 t·ha⁻¹. Sposób siewu w niewielkim stopniu modyfikował wielkość plonu nasion, natomiast zwiększanie gęstości siewu o 20 nasion·m² w zakresie od 40 do 100 nasion·m² przyczyniało się do wzrostu plonu tego gatunku (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 61**). Z kolei niedostateczna znajomość zasad uprawy, zwłaszcza nowych odmian o zmienionym pokroju morfologicznym, to jeden z czynników ograniczających plonowanie roślin strączkowych, co było inspiracją do przeprowadzenia badań skupiających się na określeniu wpływu siewu rzędowego i punktowego oraz gęstości siewu wpływających na wyniki produkcyjne uprawy łubinu białego odmiany tradycyjnej

'Butan'. Badania dowiodły, że optymalna dla plonowania rzeczywista obsada przy tradycyjnym siewie rzędownym wynosiła 71 roślin na 1 m², a przy siewie punktowym 62 rośliny na 1 m². Oznacza to, że przy bardzo wysokiej wartości siewnej nasion stosując siew punktowy możliwe jest obniżenie normy wysiewu nasion łubinu białego o około 13%. Sposoby i gęstości siewu nie różnicowały zawartości w nasionach: białka, tłuszczu, włókna oraz bezazotowych związków wyciągowych. Plon białka wzrastał wraz z obsadą roślin zarówno w siewie rzędownym, jak i punktowym, który przyczynił się do istotnego obniżenia zawartości azotu oraz fosforu w resztkach pozbiorowych łubinu białego (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 64, 66**).

Intensyfikacja rolnictwa związana ze zwiększeniem zużycia przemysłowych środków produkcji oraz jego urynkowienie po 1989 roku, przyczyniły się do ograniczenia liczby uprawianych gatunków, głównie z rodziny bobowatych i wzrostu udziału zbóż w strukturze zasiewów oraz zmniejszenia dopływu materii organicznej do gleby. W celu zniwelowania tych niekorzystnych zjawisk wprowadzono zasady zrównoważonego rozwoju i aby spełnić te założenia należy przede wszystkim zadbać o dywersyfikację upraw, stosować integrowane metody produkcji rolniczej, a także dążyć do wzrostu powierzchni uprawy roślin strączkowych. Argumentem przemawiającym za uprawą tej grupy roślin jest ich niska nakładowość oraz zdolność do wiązania azotu atmosferycznego, co ma duże znaczenie zarówno ekonomiczne, jak i ekologiczne. W badaniach (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 73**) w których wykonano analizę ekonomiczną wskazano, że najwyższy dochód i najniższy koszt produkcji u łubinu wąskolistnego dla 1 t nasion i 1 kg białka tradycyjnej odmiany 'Kalif' i samokończącej odmiany 'Regent' dostarczyła technologia niskonakładowa. Jednak ten rodzaj systemu uprawy stwarzał ryzyko nadmiernego zachwaszczenia, co zmniejszało wydajność nasion i białka. Dlatego system uprawy niskonakładowej należy uzupełnić o chemiczną ochronę upraw przed chwastami. Podobnie w badaniach z łubinem białym najwyższy dochód i najniższy koszt produkcji na 1 t nasion i białka odnotowano w uprawie niskonakładowej. Przy czym najwyższy plon białka łubinu białego stwierdzono w uprawie konwencjonalnej (804 kg·ha⁻¹), charakteryzującej się najniższym zachwaszczeniem. Średnio największy przyrost plonu nasion uzyskano po zwiększeniu intensywności uprawy od niskonakładowej do średnionakładowej (20,3%). Systemy rolnicze nie miały wpływu na skład chemiczny nasion (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 57**). Z kolei w badaniach z dwoma odmianami łubinu żółtego uprawianymi w różnych systemach wykazano, że przejście z technologii niskonakładowej do średnionakładowej i konwencjonalnej zwiększyło plon nasion odpowiednio o 13,1% i 22,0%. Badania wykazały również różnice w plonie badanych odmian. Mianowicie wyższym plonem charakteryzowała się tradycyjna

odmiana 'Mister' ($1,95 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$). Ponadto badania wykazały, że wartość produkcji rosła wraz z intensywnością uprawy. Jednak wzrost nakładów na przemysłowe środki produkcji w technologiach o wyższej intensywności spowodował spadek wartości dochodu rolniczego brutto (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 58**).

W celu określenia ilości azotu biologicznie zredukowanego przez groch siewny oraz pobrania azotu z gleby i nawozu przez rośliny w warunkach zróżnicowanej uprawy roli, w ramach wieloletnich doświadczeń polowych przeprowadzono doświadczenia z zastosowaniem metody izotopowego rozcieńczenia ^{15}N (ID^{15}N). Uzyskane wyniki pozwalają na stwierdzenie, że system uprawy roli ma istotny wpływ na wszystkie komponenty plonu grochu, przy czym najwyższe średnie wartości plonu nasion odnotowano w systemie konwencjonalnym ($5,19 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$). Zawartość N ogólnego była największa w biomasie grochu zebranego w systemie konwencjonalnym ($202 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), a najmniejsza przy siewie bezpośrednim ($155 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$). Azot skumulowany w nasionach grochu z trzech źródeł: atmosfery (średnia 35,2%), nawozów (6,8%) i gleby (57,9%), kształtował się w ilości odpowiednio 48,6; 9,9 i $85,4 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. W badaniach stwierdzono również istotny wpływ systemu uprawy roli na ilość azotu wiązanego z atmosfery przez groch tj.: 17,7% w uprawie konwencjonalnej, 37,9% w systemie uproszczonym i 50,2% w siewie bezpośrednim, co odpowiednio kształtuje się na poziomie 28,9; 52,0 i $64,4 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. W resztkach poźniwnych ilość N związanego z atmosfery w zależności od systemu uprawy roli wahała się w zakresie od 20,2% w uprawie konwencjonalnej do 32,6% w siewie bezpośrednim (co odpowiada 7,4 i $8,5 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$), ale różnice te nie zostały potwierdzone statystycznie (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 74**). Kolejne badania w tym temacie dotyczyły ilości azotu biologicznie zredukowanego przez soję oraz jego wykorzystanie przez pszenicę ozimą jako roślinę następczą. W badaniach tych plon soi kształtował się na poziomie $2,48 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ nasion i $8,73 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ resztek poźniwnych. Zawartość N ogólnego w biomasie soi wynosiła $149,1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, z czego $108,1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ znajdowało się w nasionach, a $41,0 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ w resztkach poźniwnych. Pobranie całkowite azotu z resztek pozbiorowych soi, przez pszenicę ozimą w drugim i trzecim roku uprawy w warunkach bez nawożenia azotowego, wyniosło $8,12 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, a wprowadzenie dodatkowej dawki azotu mineralnego ($100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) zwiększyło pobranie tego składnika do $15,51 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Wyniki te wskazują, że biologiczne wiązanie azotu przez soję ma istotne znaczenie w zakresie zwiększenia produktywności rośliny następczej, racjonalnego zarządzania nawożeniem i poprawy efektywności wykorzystania zastosowanego azotu (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 81**).

Powszechnie wiadomo, że uprawa roślin bobowatych, w porównaniu z innymi gatunkami roślin uprawnych, może dostarczyć do środowiska gleba – roślina znacznych ilości azotu, co wynika ze zdolności tych roślin do biologicznej redukcji

azotu N_2 zawartego w powietrzu atmosferycznym. Korzyści wynikające z obecności roślin bobowatych w zmianowaniu można podzielić na dwa obszary: jako bezpośredni efekt N pochodzącego z procesu biologicznej redukcji, który jest szczególnie wysoki w przypadku stosowania małych dawek N w nawożeniu oraz pośredni – korzystnie wpływający na właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne gleby oraz rośliny następcze, szczególnie w zmianowaniach o wysokim udziale roślin zbożowych. Z tych też powodów zwrócono uwagę na uprawę i zmianowania z udziałem roślin z rodziny bobowatych, co zaowocowało podjęciem badań, których celem była ocena plonotwórczej roli azotu biologicznie zredukowanego przez łubin biały, łubin wąskolistny, bobik i soję oraz pobranie tego składnika przez roślinę następczą – pszenicę ozimą. W ściśle określonych warunkach klimatyczno-glebowych wykazano, że ilość azotu nagromadzonego w nasionach jako wynik procesu biologicznej redukcji była największa dla bobiku ($72,2\%$ i $212 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), a najmniejsza dla łubinu wąskolistnego, odpowiednio o $23,2\%$ i $21,1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Najwięcej azotu wprowadzono do gleby w resztkach pozbiorowych bobiku ($66,0 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), a najmniej łubinu wąskolistnego ($32,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$). Plon ziarna pszenicy ozimej w II roku zmianowania, na kontroli po przedplonie, którym była soja i łubin wąskolistny wynosił $2,9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, a na obiekcie nawożonym $100 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ po soi – $4,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Z kolei plony pszenicy ozimej w III roku zmianowania, bez dodatkowego nawożenia, po soi wynosiły $4,36 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, po łubinie białym $4,04 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, natomiast po zastosowaniu dodatkowego nawożenia mineralnego ($100 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$) po soi $6,06 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Efektywność nawożenia azotem ($100 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$) pszenicy ozimej w II roku zmianowania uprawianej po roślinie zbożowej wynosiła $+0,60 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ziarna ($46,1\%$), natomiast po przedplonach bobowatych $+0,95 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ziarna pszenicy, co stanowiło $34,5\%$ (**załącznik 6, II, pkt. 1., poz. 1).**

Znaczny udział zbóż w płodozmianie wiąże się z określonymi skutkami ubocznymi, takimi jak jednostronne wykorzystanie składników, ale także z ryzykiem wystąpienia chorób wywoływanych przez grzyby z rodzaju *Fusarium*. W poszukiwaniu tańszych technologii produkcji, z roku na rok coraz popularniejsze stają się uproszczenia w uprawie roli. Brakuje jednak badań określających wpływ wieloletnich uproszczeń w uprawie roli na wyniki produkcyjne i ekonomiczne uprawy roślin strączkowych w płodozmianie, w którym przeważający udział stanowią zboża. W tym celu przeprowadzono doświadczenie, w którym dokonano oceny efektywności rotacji: łubin wąskolistny - pszenica ozima - pszenżyto ozime - jęczmień ozimy na produktywność uprawy łubinu wąskolistnego w zależności od systemu uprawy roli. Wyniki wskazują, że produktywność tego płodozmianu była niższa w warunkach uprawy uproszczonej i uprawy zerowej, aniżeli w uprawie

konwencjonalnej. Z praktycznego punktu widzenia ograniczenie uprawy w płodozmianie z 75% udziałem zbóż spowodowało spadek plonowania wszystkich gatunków, co może prowadzić do rezygnacji ze stosowania uproszeń w warunkach gleb płowych. Najwyższy dochód uzyskano przy konwencjonalnej uprawie łubinu wąskolistnego. Mimo że straty dochodów przewyższały wartość oszczędności w obu zminimalizowanych systemach uprawy roli, to wszystkie systemy uprawy łubinu wąskolistnego były opłacalne (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 71**).

Ocena zachwaszczenia i zdrowotność kukurydzy oraz wierzby energetycznej

Zwalczanie chwastów w zasiewach kukurydzy stanowi integralną część technologii uprawy tego gatunku i zaliczane jest do najbardziej opłacalnych zabiegów, korzystnie wpływających na wysokość plonowania. Jednym z najbardziej negatywnych skutków oddziaływania herbicydów na rośliny uprawne jest fakt, że nie zawsze są one selektywne. Badania wskazują, że niższa selektywność poszczególnych mieszańców kukurydzy może wynikać z interakcji pomiędzy genotypem a warunkami pogodowymi i środowiskowymi, a także sposobu działania herbicydów. Dlatego konieczne jest prowadzenie regularnych badań dotyczących mieszańców kukurydzy pojawiających się na rynku pod kątem ich wrażliwości na herbicydy oraz skuteczności chemicznej walki z chwastami. Przeprowadzone doświadczenia polowe pozwalają stwierdzić, że skuteczność zabiegów herbicydowych była różna w latach i zależała od przebiegu warunków pogodowych. Każda z zastosowanych metod odchwaszczania (mechaniczna, chemiczna) kukurydzy istotnie ograniczała masę chwastów, a skuteczność badanych środków wahała się od 57% po zastosowaniu herbicydu Successor 600 EC do 97,6% po aplikacji środka Calaris. Wysoką, ponad 94% skutecznością w ograniczaniu masy chwastów ogółem w obu latach badań charakteryzował się Merlin Super 537 SC, z kolei ponad 91% skuteczność uzyskano stosując Successor 600 EC + Pledge 50 WP lub Dual Gold 960 EC + Calisto 100 SC (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 9**). W kolejnych badaniach dotyczących tego tematu najwyższą skuteczność, niezależnie od przebiegu pogody, w ograniczaniu liczby i masy chwastów ogółem osiągnięto po zastosowaniu Boreal 58 WG w dawce $0,4 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ przedwschodowo + Mustang 306 SE w dawce $0,6 \cdot \text{ha}^{-1}$ wykonując oprysk w fazie 3-4 liści. Ponad 84% skutecznością, w obu latach badań, charakteryzował się środek Hector 53,6 WG + Mocarz + Trend 90 EC. W wilgotnym 2010 roku herbicydy: Boreal 58 WG, Adengo 315 SC + Mustang 306 SE, Adengo 315 SC + Mocarz 75 WG, Guardian Complet Mix 664 SE, Afalon Dyspersyjny 450 SC + Dual Gold 960 EC były w 100% skuteczne względem BRSNA, VIOAR i CAPBP. Stres związany z suszą następnego roku znacznie obniżył ich efektywność chwastobójczą względem chwastów dominujących tj. CHEAL oraz BRSNA (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 26**). Z kolei ocena

selektywności działania mieszaniny florasulamu + 2,4-D, stosowanej w uprawie 13 mieszańców kukurydzy ziarnowej wykazała, że wrażliwość poszczególnych mieszańców była zróżnicowana i zależała przede wszystkim od układu warunków pogodowych. Silniejszą reakcję fitotoksyczną roślin wszystkich badanych mieszańców, stwierdzono w warunkach słabego uwilgotnienia gleby. Zastosowanie w uprawie kukurydzy herbicydu Mustang 306 SE nie miało wpływu na plon ziarna badanych mieszańców kukurydzy, ale prowadziło do obniżenia masy tysiąca ziaren (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 41**).

W moim dorobku publikacyjnym są również prace dotyczące zmieniającej się pod wpływem różnych czynników agrotechnicznych zdrowotności roślin kukurydzy (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 11-12, 20-21**). Ważną grupę patogenów w zasiewach kukurydzy stanowią grzyby z rodzaju *Fusarium*, będące sprawcami m. in. zgorzeli podstawy łodygi oraz fuzariozy kolb. Szkodliwość tych chorób polega nie tylko na zmniejszeniu potencjału plonowania roślin, ale także wpływają one negatywnie na jego jakość. Szacuje się, że sprawcy chorób wywoływanych przez grzyby z rodzaju *Fusarium* są przyczyną spadku wysokości plonu, sięgającego w niektórych latach nawet 30%. Dlatego przeprowadzono badania, których celem było określenie podatności mieszańców kukurydzy z pokolenia F2 na *Fusarium* spp. Zgodnie z oczekiwaniami rośliny mieszańców kukurydzy z pokolenia F2 były bardziej podatne na infekcję grzybami z rodzaju *Fusarium* niż z pokolenia F1. Ponadto średnio-późny mieszaniec 'Clarica' okazał się najmniej podatny na atak ze strony grzybów z rodzaju *Fusarium*, zarówno na roślinach, jak i na kolbach (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 11**). Z kolei straty w plonach kukurydzy, powodowane przez ploniarke zbożówkę w Polsce oscylują w granicach ok. 10%. Jej szkodliwość silnie zależy od regionu i nasila się przy wystąpieniu chłódów wiosennych. Drugim, zwykle groźniejszym szkodnikiem, który atakuje kukurydzę szczególnie w najcieplejszych latach i rejonach uprawy w Polsce jest omacnica prosowianka. Ekspansja agrofagów zagrażających uprawom kukurydzy na terenie Wielkopolski była inspiracją do podjęcia badań dotyczących zdrowotności tego gatunku, w zależności od wybranych czynników agrotechnicznych i metod ochrony (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 12, 20-21**). Badania wykazały, że dodatkowe zaprawianie ziarna siewnego insektycydami, niezależnie od zastosowanego środka jest skutecznym sposobem zmniejszania odsetka uszkodzonych roślin przez ploniarke zbożówkę i prowadzi do przyrostu plonu ziarna (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 12**). Przeprowadzenie kolejnych obserwacji polowych dotyczących oceny zróżnicowania podatności kilkunastu nowych odmian kukurydzy na *Fusarium* spp., *Ustilago maydis* oraz *Ostrinia nubilalis* Hbn. wskazuje na dużą zmienność porażenia analizowanych odmian kukurydzy przez głównie guzowatą, które kształtowało się w granicach od

2,0 do 15%. Badania nie wykazały istotnych różnic pomiędzy mieszancami, pod względem podatności na uszkodzenia powodowane przez omacnicę prosowiankę oraz porażenia przez grzyby z rodzaju *Fusarium* (załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 20).

Poszukiwanie skutecznych metod idących w kierunku zminimalizowania negatywnego wpływu na wzrost i rozwój roślin kukurydzy powtarzających się w naszym kraju okresowych niedoborów wody, wysokich temperatur i coraz częstszej uprawy tego gatunku w monokulturze zaowocowało przeprowadzeniem badań nad wpływem osadów ściekowych w roku stosowania oraz następcze działanie po roku i po dwóch latach od ich wniesienia, na zdrowotność roślin kukurydzy w uprawie na ziarno i kiszonkę. Wyniki trzyletnich obserwacji polowych wskazują na dużą zmienność porażenia kukurydzy przez *U. zaeae* oraz uszkodzonych przez *O. nubilalis* w zależności od przebiegu warunków pogodowych. W uprawie kukurydzy na ziarno, w roku o niekorzystnym układzie warunków pogodowych, zastosowanie osadu ściekowego spowodowało wzrost porażenia roślin grzybem *U. zaeae*. Z kolei stosowanie osadu ściekowego oraz jego następcze działanie nie wpływało na udział roślin uszkodzonych przez *O. nubilalis* (załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 17).

Dążenie do poszerzania wiedzy i poszukiwania odpowiedzi na nurtujące pytania z zakresu metod ochrony roślin, presji agrofagów zagrażających roślinom uprawnym i energetycznym, otworzyło nowy kierunek badań dotyczący agrotechniki wierzby energetycznej. Przedmiotem tych badań była ocena stopnia uszkodzeń czteroletniej plantacji klonu '1 100' wierzby energetycznej, powodowanych przez gąsiennice *Earias chlorana* Hübner. Występowanie i szkodliwość niekreślanki wierzbówki analizowano w dwóch doświadczeniach jednoczynnikowych. Celem pierwszego z eksperymentów była ocena wpływu nawożenia osadami ściekowymi na wielkość uszkodzeń powodowanych przez gąsiennice. Z kolei drugi z nich dotyczył skuteczności zwalczania *Earias chlorana* Hübner. po aplikacji insektycydów. Przeprowadzone badania dowiodły, że nawożenie wierzby energetycznej osadami ściekowymi nie wywarło istotnego wpływu na procent uszkodzeń powodowanych przez gąsiennice niekreślanki wierzbówki, podczas gdy zastosowanie chemicznej ochrony przed tym patogenem znacząco ograniczyło wielkość uszkodzeń wierzby energetycznej powodowanych przez tego szkodnika. W każdym roku badań największą skuteczność w redukcji uszkodzeń pędów powodowanych przez tego patogena (odpowiednio 87,2% i 87,8%) uzyskano po zastosowaniu esfenwaleratu. Największy przyrost plonu, w porównaniu do kontroli, odnotowano w 2010 roku (6,9 t·ha⁻¹, 32,7%) (załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 34).

Z uwagi na rosnącą presję ze strony agrofagów w zasiewach kukurydzy, ograniczenia związane ze stosowaniem nawozów mineralnych oraz pestycydów które

limitują wielkość plonowania, kluczowym elementem agrotechniki tego gatunku staje się dobór odmian o podwyższonej odporności na stresy środowiskowe, w tym również na choroby wywoływane przez grzyby z rodzaju *Fusarium*. Współczesna hodowla kukurydzy na całym świecie opiera się na szerokiej palecie technik badawczych z zakresu genetyki molekularnej. Wprowadzenie do hodowli narzędzi molekularnych oraz szybki postęp w sekwencjonowaniu nowej generacji (NGS) umożliwił sekwencjonowanie genomów wielu gatunków roślin uprawnych, w tym również kukurydzy. Dzięki powyższym technologiom możemy identyfikować regiony genomu powiązane z różnymi cechami fenotypowymi, w tym z odpornością na fuzarium. W ramach współpracy z Katedrą Genetyki i Hodowli Roślin, UP w Poznaniu zrealizowano badania, których celem była identyfikacja regionów genomu związanych z odpornością roślin kukurydzy na fuzariozę kolb poprzez zastosowanie sekwencjonowania nowej generacji (NGS), mapowania asocjacyjnego i fizycznego oraz optymalizację procedur diagnostycznych w celu identyfikacji wybranych markerów molekularnych sprzężonych z odpornością roślin kukurydzy na tę chorobę. Zidentyfikowano markery molekularne sprzężone z potencjalnymi genami odpowiedzialnymi za odporność kukurydzy na fuzariozę kolb. Nowo wybrane markery przetestowano w odniesieniu do genotypów referencyjnych. W wyniku analiz ustalono, że na żelach agarozowych dwa markery (11801 i 20607) z dziesięciu testowanych różnicowały genotypy na podatne i odporne i mogą zostać wykorzystane w programach hodowlanych do selekcji genotypów odpornych (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 78**).

Wydajność i jakość paszowa łubinu i kukurydzy

Kolejnym tematem badawczym, rzadko podejmowanym w dostępnej literaturze było zagadnienie dotyczące możliwości wykorzystania łubinu jako surowca do produkcji kiszonki. W latach 2005-2007 przeprowadzono doświadczenia, których celem było określenie wydajności paszowej oraz jakości kiszzonek uzyskanych z łubinu wąskolistnego oraz białego. Badania wskazują, że większy plon zielonki uzyskano z uprawy łubinu białego niż wąskolistnego. Opóźnienie terminu zbioru do fazy dojrzałości zielonej nasion spowodowało istotny wzrost zawartości suchej masy oraz plonu suchej masy. Kiszonki z łubinu były dobrej jakości. Skład chemiczny kiszzonek w większym stopniu modyfikowany był przebiegiem warunków pogodowych, niż terminem zbioru zielonki. Badane dodatki do zakiszania poprawiały jakość kiszzonek, powodując wzrost zawartości bakterii kwasu mlekowego i ograniczając występowanie niekorzystnych bakterii z rodzaju *Clostridium*, bakterii z grupy *Coli* oraz drożdży i grzybów. Podsumowując, łubin wąskolistny i biały mogą dostarczyć znacznych ilości dobrego surowca kiszonkarskiego i być wykorzystywane do

produkcji kiszonki, ale po uprzednim podsuszeniu i pod warunkiem zastosowania tzw. konserwantów. Dodatkową zaletą uprawy łubinu na kiszonkę jest zwolnienie stanowiska już w pierwszej połowie lipca, które może być wykorzystane pod zasiew ozimin lub międzyplonów (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 39-40**).

W żywieniu bydła mlecznego i opasowego podstawowe znaczenie mają pasze objętościowe wyprodukowane we własnym gospodarstwie, a jedną z bardzo dobrych i często stosowanych pasz jest kiszonka z kukurydzy. Podstawowym sposobem konserwacji roślin o dużej zawartości wody jest kiszenie, które zabezpiecza surowiec przed stratą cennych składników pokarmowych. Warunkiem pełnego wykorzystania wartości pokarmowej kukurydzy jest przygotowanie kiszonki o bardzo dobrej jakości. Zapewnić to można poprzez stosowanie prawidłowej technologii kiszenia w tym właściwego terminu zbioru, stopnia rozdrobnienia i ugniecenia surowca oraz dobór odpowiedniego rodzaju dodatku stymulującego proces fermentacji mlekowej. Dlatego też przeprowadzono badania dotyczące wpływu wysokości cięcia w trakcie zbioru oraz stosowania dodatków kiszonkarskich (mikrobiologiczne i chemiczne) na wartość pokarmową, stan higieniczny oraz stabilność tlenową kiszonki z kukurydzy (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 36, 60**). Przeprowadzone badania wykazały, że zastosowane dodatki kiszonkarskie miały wpływ zarówno na skład chemiczny, jak i jakość kiszonki. Stosowanie biologicznych dodatków wspomagających kiszenie prowadziło do obniżenia zawartości skrobi w suchej masie kiszonki, a podniosło w porównaniu z kontrolą zawartość glukozy oraz fruktozy. Zróżnicowanie wysokości cięcia kukurydzy wywarło wpływ na zawartość w kiszonce kwasu mlekowego, propionowego oraz etanolu (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 60**). Ponadto badane dodatki kiszonkarskie obniżały w kiszonce liczebność grzybów pleśniowych, drożdży, bakterii z rodzaju *Clostridium* oraz z grupy *Coli*. Najskuteczniejszy w ograniczaniu liczby mikroorganizmów w kiszonce okazał się preparat chemiczny zawierający w swoim składzie kwas propionowy oraz (E-280) oraz propionian amonu (E-284). Również w kiszonce poddanej ekspozycji tlenowej ten dodatek chemiczny najsilniej ograniczał liczebność obserwowanych grup mikroorganizmów. Z kolei zwiększenie wysokości cięcia kukurydzy zmniejszało występowanie w kiszonkach grzybów oraz bakterii z rodzaju *Clostridium* i grupy *Coli* (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 36**).

Wartość siewna i wigor nasion

Badania w których brałam udział dotyczyły również oceny wpływu wybranych czynników agrotechnicznych na wartość siewną i wigor nasion łubinów (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 27, 42-43, 55, 65**). Pierwsze z nich dotyczyły oceny wpływu deszczowania i zaprawiania nasion na wartość siewną i wigor nasion łubinu żółtego i

wąskolistnego. Badania prowadzono na nasionach zebranych z doświadczeń w których czynnikiem był wariant wodny (obiekty niedeszczowane i deszczowane). Po zbiorze nasiona zostały zaprawione preparatem zawierającym karboksynę i tiuram. Badania dowiodły, że deszczowanie roślin macierzystych obniżyło energię i zdolność kiełkowania zebranych nasion oraz zwiększyło udział nasion pleśniejących i gnijących oraz zdrowych niekiełkujących. Testy wigorowe potwierdziły obniżenie jakości siewnej nasion na skutek deszczowania roślin. Z kolei zastosowanie zaprawy (karboksyna + tiuram) zmniejszyło udział nasion pleśniejących i gnijących, ale istotnie zwiększyło odsetek zdrowych niekiełkujących (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 27, 42**). W kolejnych latach uczestniczyłam w badaniach dotyczących zagadnień utraty wartości siewnej oraz wigoru nasion łubinu żółtego i wąskolistnego na skutek mechanicznego zbioru kombajnowego. Kontrolę w tym doświadczeniu stanowił zbiór ręczny. Badania wykazały, że w przypadku łubinu żółtego i wąskolistnego zbiór mechaniczny spowodował istotne obniżenie zdolności kiełkowania (odpowiednio o 8% i 12%) oraz wzrost udziału nasion nienormalnie kiełkujących i/lub niekiełkujących. Test elektroprzewodnictwa wykazał również utratę wigoru nasion ww. gatunków na skutek zbioru kombajnowego (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 43, 55**). Podsumowując, jakość siewna nasion roślin strączkowych (bobowatych) jest bardzo złożonym zagadnieniem i zależy od czynnika genetycznego, warunków pogodowych w trakcie wegetacji oraz od zastosowanej agrotechniki. O ile przebieg pogody w okresie wegetacji jest poza kontrolą, to w produkcji nasiennej należy rozważyć czy dany zabieg agrotechniczny nie wpłynie w sposób negatywny na wartość siewną i wigor nasion, powodując istotne ich obniżenie. Powyższe stwierdzenia zainspirowały zespół, którego byłam członkiem do przeprowadzenia kolejnych badań, których przedmiotem była ocena wpływu sposobu i gęstości siewu na wartość siewną i wigor nasion łubinu białego odmiany 'Butan'. Czynnikiem pierwszego rzędu stanowiły sposoby siewu: rzędowy (tradycyjny) i punktowy. Czynnikiem drugiego rzędu była gęstość siewu: 40, 60, 80 i 100 kiełkujących nasion na 1 m². Badania dowiodły, że przebieg warunków pogodowych w poszczególnych latach badań wpływał na wartość siewną oraz wigor nasion. Z kolei nadmierne opady w fazie dojrzewania nasion spowodowały obniżenie zdolności kiełkowania i wzrost udziału nasion pleśniejących i gnijących. Sposób oraz gęstość siewu nie różnicowały wartości siewnej nasion. Najniższym wigorem charakteryzowały się nasiona z obiektów o najniższej obsadzie roślin na 1 m² (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 65**).

Podstawowym i niezbędnym elementem ochrony roślin jest stosowanie kwalifikowanego i zaprawionego materiału siewnego. W praktyce rolniczej najtańszym i najczęściej stosowanym zabiegiem pozostaje chemiczne zaprawianie

nasion. Zdarza się również, że zaprawiony materiał siewny pozostawiony jest do późniejszego wysiewu, co wynika z niesprzyjających warunków pogodowych bądź też z zaprawienia nadmiernej jego ilości. Dlatego zarówno aspekty środowiskowe, jak i mała dostępność literatury w tym temacie skłoniły nasz zespół do większego zainteresowania się substancjami mniej szkodliwymi dla środowiska, tj. biologicznymi środkami ochrony roślin. Uznano za ważne poznanie ewentualnych zmian wartości siewnej zaprawionego materiału rozmnożeniowego w trakcie jego przechowywania. Celem badań było określenie wpływu wybranych zapraw biologicznych (Bioczos BR, Biochikol 020 PC) na zdolność kiełkowania oraz parametry wigorowe ziarna wybranych gatunków zbóż po jednym, dwóch, trzech i sześciu miesiącach jego przechowywania. Przeprowadzone badania wskazują, że porównywane w doświadczeniu gatunki zbóż (jęczmień jary i ozimy, kukurydza, pszenica ozima, pszenżyto ozime i żyto) różniły się pod względem reakcji na stosowane zaprawy. Moczenie w roztworze Bioczos BR poprawiało zdolność kiełkowania u jęczmienia ozimego i pszenicy ozimej. Z kolei stosowanie Biochikolu 020 PC zwiększyło zdolność kiełkowania u jęczmienia jarego i ozimego, pszenicy ozimej, pszenżyta ozimego oraz żyta. Przechowywanie zaprawionego ziarna preparatami biologicznymi u większości gatunków obniżało zarówno zdolność kiełkowania, wartość testu wzrostu siewki, jak i testu szybkości wzrostu siewki (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 6**). Zgłębiając zagadnienia związane z wpływem długości okresu przechowywania ziarna roślin zbożowych na wartość siewną oraz wigor przeprowadzono kolejne badania mające na celu określenie wpływu okresu przechowywania na wartość siewną i wigor zaprawionego ziarna dwóch odmian pszenżyta ozimego i trzech odmian żyta. Ziarno obydwu gatunków zbóż zaprawiono (pszenżyto ozime – fludioksonil, żyto – karboksyna + tiuram) i oceniono tuż po zaprawieniu i po 180 dniach od zaprawienia. Na podstawie wykonanych badań stwierdzono, iż odmiana ‘Fidelio’ (pszenżyto ozime) charakteryzowała się wyższymi parametrami jakości siewnej oraz wigoru. Półroczny okres przechowywania ziarna pszenżyta powodował istotne obniżenie zdolności kiełkowania, jednoczesny wzrost liczby ziarniaków martwych oraz pogorszenie parametrów wigoru ziarna. Z kolei w doświadczeniu z żytem, najlepszą wartość siewną miała odmiana ‘Nawid’, a najgorszą ‘Arant’. Po pół roku przechowywania zaprawione ziarno miało obniżoną zdolność kiełkowania, natomiast wigor nie był istotnie zróżnicowany (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 24**).

Rosnące z roku na rok zainteresowanie uprawą kukurydzy doprowadziło m.in. do dynamicznego wzrostu zapotrzebowania na kwalifikowany materiał siewny. Spełnienie oczekiwań rynku w tym zakresie jest możliwe za sprawą postępu

hodowlanego, dzięki któremu mamy do czynienia z kilkukrotnym wzrostem plonowania i wydajności tego gatunku. Często odmiana, która w jednym roku sprzedaje się bardzo dobrze, w kolejnym roku jest mniej popularna, co zmniejsza przewidywalność rynku nasion. Firmy nasienne zmuszone do przechowywania niesprzedanych nasion w swoich magazynach, a tym samym wstępnie obrobiony i zapakowany materiał siewny musi być przechowywany przez rok, a nawet dłużej. Zdarza się również i tak, że z różnych względów sami rolnicy muszą przechowywać swoje nasiona do następnego roku. Z tego powodu podjęto badania, których celem była ocena zdolności kiełkowania 15 mieszańców kukurydzy przechowywanych przez okres dwóch lat. W badaniach wykorzystano trzy testy: ciepły, zimny i polową ocenę zdolności wschodów. W ocenie zdolności kiełkowania ziarna siewnego kukurydzy metodą testu zimnego uzyskano niższe wartości niż w teście ciepłym i polowym. Zdolność kiełkowania ziarna siewnego 14 spośród 15 badanych mieszańców kukurydzy, ocenionego w teście zimnym, była po roku przechowywania wyższa niż w roku zakupu, natomiast po kolejnym roku – spadła do poziomu wyjściowego. Takiego trendu nie obserwowano w pozostałych testach. (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 13**). Przedmiotem kolejnych badań z zakresu tej tematyki badawczej było określenie wpływu wielkości frakcji ziarna kukurydzy na parametry wartości siewnej ziarna oraz wzrost roślin i plon ziarna. Badania przeprowadzono na trzech frakcjach (małe, średnie i duże) ziarna kukurydzy odmiany 'Boruta'. Wielkość frakcji ziarna została ustalona na podstawie MTZ (małe – 268,0 g, średnie – 340,0 g, duże – 410,0 g). Wykazano, że nasiona duże charakteryzowały się większą polową zdolnością kiełkowania, a siewki miały na ogół większą masę w porównaniu do tych uzyskanych z nasion małych. Wyniki trzyletnich doświadczeń polowych wskazały, że plonowanie roślin kukurydzy zależało od wielkości frakcji wysianego ziarna i zmniejszało się wraz ze wzrostem wielkości wysiewanych nasion. Najwyższą zdolność kiełkowania zarówno w teście ciepłym, jak i zimnym (odpowiednio 79% i 74%) obserwowano w małych frakcjach ziarna. Energia kiełkowania dużych nasion w teście zimnym była o 6,7% niższa niż w przypadku nasion małych. Zbadano również aktywność amylolityczną badanych frakcji nasion i najwyższą zaobserwowano w nasionach małych, a najniższą w nasionach dużych (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 37**).

Nawozowe wykorzystanie substancji odpadowych w rolnictwie

Rozwój ludzkości wiąże się z powstawaniem coraz to większych ilości odpadów, w tym również osadów ściekowych, których utylizacja stanowi istotny problem dla środowiska. Poszukiwanie alternatywnych źródeł materii organicznej możliwej do bezpiecznego stosowania w rolnictwie sprawiło, że wykorzystanie osadów ściekowych stało się jedną z metod alternatywnego nawożenia organicznego.

Komunalne osady ściekowe zawierają dużo substancji organicznej i są bogatym źródłem składników pokarmowych, dlatego też budzą zainteresowanie jako tani nawóz. Problem stanowi jednak określenie tempa uwalniania składników pokarmowych z osadów ściekowych oraz szybkość pobierania tych składników przez rośliny. Mając powyższe na uwadze przeprowadzono serię badań mających na celu ocenę rolniczego wykorzystania komunalnych osadów ściekowych w roku stosowania oraz ich następczego działania w uprawie kukurydzy na ziarno i kiszonkę (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 28, 44, 48**). Kukurydzę odmiany 'PR39G12' uprawiano na polu po 5-letniej monokulturze. Lata w których prowadzono badania charakteryzowały się dużą zmiennością przebiegu warunków pogodowych, co skutkowało znacznymi różnicami w ilości i rozkładzie opadów oraz znaczną zmiennością przebiegu temperatur w poszczególnych okresach rozwoju roślin. W dwóch latach badań w roku zastosowania osadu ściekowego zauważono tendencję do mniejszej liczby zaników roślin kukurydzy w porównaniu z roślinami nawożonymi mineralnie. Ocena wskaźnika SPAD nie wykazała różnic pomiędzy roślinami uprawianymi na nawozach mineralnych, jak i komunalnych osadach ściekowych. Natomiast nawożenie osadami sprzyjało zawiązywaniu kolb. Również po nawożeniu osadami ściekowymi produktywność roślin kukurydzy wrażona plonami świeżej i suchej masy oraz ziarna, była wyższa niż wtedy gdy zastosowano nawożenie mineralne. Pozytywny efekt działania osadów był widoczny zwłaszcza w warunkach ekstremalnej suszy. Korzystne oddziaływanie osadu utrzymywało się także w kolejnych dwóch latach od jego zastosowania oraz stabilizowało plonowanie (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 28, 48**). Z kolei uzyskane wyniki dotyczące wpływu osadów na właściwości fizyczne gleby, takie jak kohezja gleby i emisja CO₂ wskazują na pozytywny wpływ tego nawozu, zarówno w roku stosowania, jak i w kolejnych latach. Nawożenie osadami ściekowymi gleby płowej, na której przeprowadzono doświadczenie, powodowało zmiany w jej aktywności enzymatycznej. Intensywność i kierunek zachodzących zmian zależały od fazy rozwojowej rośliny uprawnej oraz czasu od zastosowania osadów ściekowych. W wyniku wprowadzenia osadów ściekowych do gleby odnotowano wzrost liczebności mikroorganizmów będących pionierami w procesie mineralizacji materii organicznej, tj. grzybów, promieniowców i bakterii proteolitycznych, podczas gdy ogólna liczebność bakterii spadła (**załącznik 6, II, pkt. 4.1., poz. 44**).

6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę

6.1. Osiągnięcia związane z działalnością dydaktyczną

Znaczącą część mojej pracy stanowią zajęcia dydaktyczne realizowane w wymiarze co najmniej 230 godzin rocznie. Samodzielnie opracowałam i prowadziłam ćwiczenia z następujących przedmiotów: *biologia i uprawa roślin zbożowych, pastewnych i przemysłowych* (kierunek - rolnictwo, studia stacjonarne i niestacjonarne), *uprawa roli i roślin* (kierunek – zootechnika, studia stacjonarne), *podstawy produkcji roślinnej* (kierunek – inżynieria rolnicza, ekonomia, finanse i rachunkowość, agroturystyka, studia stacjonarne), *rośliny energetyczne* (kierunek – ekoenergetyka, biotechnologia, ochrona środowiska, studia stacjonarne), *rośliny zielarskie* (kierunek - biotechnologia, studia stacjonarne), *biomasa i bioenergia* (kierunek – biotechnologia, studia stacjonarne i niestacjonarne), *technologie upraw roślin rolniczych* (kierunek – rolnictwo, medycyna roślin, studia stacjonarne). Prowadzę również ćwiczenia z *technologii produkcji roślinnej* w ramach studiów podyplomowych „*Rolnictwo*” zamawianych przez ARiMR i współfinansowanych przez UE ze środków EFRROW.

Zdobyte doświadczenie zawodowe w pracy naukowej i dydaktycznej, w tym ukończenie kursu pedagogicznego (**załącznik 7, poz. 7.6**), pozwoliło na przygotowanie materiałów dydaktycznych z przedmiotu *biologia i uprawa roślin zbożowych, pastewnych i przemysłowych* oraz autorstwo cyklu wykładów o rolnictwie w Unii Europejskiej i w Polsce, dla studentów zagranicznych w ramach programu Erasmus. Opracowaną tematykę prezentowałam na uczelni partnerskiej (*Latvia University of Life Sciences and Technologies*) w ramach programu mobilności kadry akademickiej (*Staff Mobility for Teaching-Erasmus +*) (**załącznik 7, poz. 7.32**). Ponadto przygotowałam i wygłosiłam autorski wykład nt. „*Polish and European agricultural crops*” dla doktorantów Międzynarodowych Studiów Doktoranckich IGR PAN.

Przejawem mojego zaangażowania w działalność dydaktyczną na Uczelni była również opieka w roli promotora nad studentami pierwszego i drugiego stopnia, zarówno studiów stacjonarnych, jak i niestacjonarnych. W czasie zatrudnienia wypromowałam 34 magistrantów i 25 inżynierantów oraz przygotowałam 12 recenzji prac inżynierskich. W latach 2007-2015 pełniłam również funkcję opiekuna merytorycznego i technicznego nad kolekcją roślin uprawnych, założoną dla studentów w celach dydaktycznych i pokazowych. W roku akademickim 2014/2015 byłam również członkiem Komisji d.s. przeprowadzenia egzaminów inżynierskich dla kierunku *Rolnictwo*. Ponadto trzykrotnie zostałam powołana do pełnienia roli promotora pomocniczego niniejszych rozpraw doktorskich (**załącznik 7, poz. 7.36, 7.37, 7.39**):

1. Mgr inż. Karolina Śmiatacz – temat pracy: „*Wzrost, rozwój i plonowanie różnych typów odmian rzepaku ozimego w zależności od terminu i gęstości siewu*”. Obrona 01.07.2013 r.
2. Mgr inż. Artur Sitek – temat pracy: „*Wpływ zastosowania kompleksu bioaktywnych związków mineralnych MIP na plony wybranych roślin zbożowych, ich jakość oraz właściwości gleby*”. Obrona 24.10.2017 r.
3. Mgr inż. Dominika Radzikowska – temat pracy: „*Ocena wartości biologicznej i rolniczej oraz odporności na stresy abiotyczny i biotyczny wybranych odmian ozimych pszenicy orkisz*”. Obrona 24.06.2020 r.

W ramach popularyzowania nauki aktywnie uczestniczyłam w przygotowaniu warsztatów, pokazów i prelekcji w odbywającym się cyklicznie wydarzeniu: *Poznański Festiwal Nauki i Sztuki* (2018-2019, 2022-2024) (**załącznik 7, poz. 7.27-7.31**). Aktywnie włączałam/włączam się również w promocję Wydziału biorąc udział w organizacji drzwi otwartych dla uczniów szkół średnich z województwa wielkopolskiego pt. „*Wagary z Przyrodą*”. Brałam także udział w przygotowaniach i organizacji warsztatów dla uczniów z niepełnosprawnością, zrealizowanych w ramach projektu nr POPUL/SP/0169/2023/01 pt. „*Popularyzacja nauki poprzez cykl zajęć realizowanych w ramach Uniwersytetu Młodych Przyrodników*”.

6.2. Osiągnięcia związane z działalnością organizacyjną

Ważny aspekt mojej pracy zawodowej stanowi działalność organizacyjna na rzecz Uczelni oraz Wydziału Rolnictwa, Ogrodnictwa i Biotechnologii. Od 2013 roku jestem członkiem Rady Katedry i zostałam powołana w skład Zespołu ds. jakości kształcenia na kierunku *Rolnictwo* (**załącznik 7, poz. 7.41**). Ponadto:

- w roku akademickim 2010/2011 oraz 2012/2013 byłam członkiem komisji przeprowadzającej egzamin wstępny na studia stacjonarne i niestacjonarne drugiego stopnia, kierunku *Rolnictwo* (**załącznik 7, poz. 7.35, 7.38**),
- w kadencji 2012-2016 byłam członkiem Wydziałowej Komisji Wyborczej (**załącznik 7, poz. 7.43**),
- dwukrotnie (2014 i 2019) byłam członkiem Komisji Konkursowej w związku z konkursem otwartym na stanowisko adiunkta w Katedrze Biochemii i Biotechnologii oraz asystenta w Katedrze Agronomii (**załącznik 7, poz. 7.42, 7.44**),
- od 1 października 2019 roku do 31 sierpnia 2020 roku byłam członkiem rady naukowej dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo (**załącznik 7, poz. 7.45**),
- dwukrotnie zostałam wybrana przez społeczność akademicką na członka Kolegium Elektorów UP w Poznaniu na kadencję 2020-2024 oraz 2024-2028 (**załącznik 7, poz. 7.48, 7.49**),
- od roku 2023 biorę aktywny udział w pracach Komisji Rekrutacyjnej na kierunku *Agronomy* anglojęzycznych studiów drugiego stopnia oraz kierunku *Crop Plant Biology*

and Production anglojęzycznych studiów pierwszego stopnia (**załącznik 7, poz. 7.46, 7.47**),

- trzykrotnie (2012, 2019 i 2024) pełniłam funkcję sekretarza w czasie publicznej obrony rozprawy doktorskiej; mgr inż. Przemysław Jazic – 19.11.2012r., mgr inż. Tomasz Frieske – 28.08.2019r., mgr inż. Violetta Szuba-Adamska – 20.11.2024 r.,
- uczestniczyłam w organizacji konferencji EkoSeedForum w Poznaniu organizowanej przez Międzynarodowe Centrum Rolnictwa Ekologicznego Środkowej i Wschodniej Europy EkoConnect e.V.; Poznań 20-22.03.2014 r. (**załącznik 7, poz. 7.40**),
- dwukrotnie (2008 r. i 2012 r.) pełniłam funkcję sekretarza w Międzynarodowej Konferencji Naukowej nt. *„Kukurydza, sorgo – produkcja, wykorzystanie, rynek”* (**załącznik 6, II, pkt. 8, poz. 1, 3**),
- kilkakrotnie byłam członkiem komitetu organizacyjnego ogólnopolskich Konferencji Naukowych (**załącznik 6, II, pkt. 8, poz. 2, 4-5, 7-8**).

6.3. Osiągnięcia związane z działalnością popularyzatorską

Działalność w ramach moich zainteresowań badawczych dotycząca popularyzacji wiedzy rolniczej znalazła odzwierciedlenie w upowszechnianiu wyników badań naukowych w formie artykułów popularnonaukowych w takich wydawnictwach jak: *Tygodnik Rolniczy, Wieś Jutra, Poradnik Gospodarski, Hodowca Bydła, Drobiu i Trzody Chlewnej, Kukurydza, Top Agrar Polska, Agro Profil* oraz *Farmer*. Jestem autorem/ współautorem 29 artykułów popularnonaukowych (**załącznik 6, II, pkt. 4.2., poz. 1-2, 1-27**). W trakcie pracy zawodowej brałam również aktywny udział w pracach związanych z przygotowaniem materiałów szkoleniowych dla rolników o charakterze informacyjnym i popularyzatorskim (**załącznik 6, II, pkt. 4.3., poz. 1-3**). Ponadto uczestniczyłam w pracach związanych z organizacją Konferencji nt. *„Strączkowe: własne białko i dobre stanowisko. Agrotechnika, opłacalność, szanse i ograniczenia”* sfinansowanej ze środków Programu Wieloletniego MRiRW, w którym byłam jednym z wykonawców (**załącznik 6, II, pkt. 8, poz. 9; pkt. 9, poz. 4**). Aktywnie włączyłam się także w prace dotyczące popularyzacji uprawy roślin strączkowych i dwukrotnie (2018 i 2019) brałam udział w przygotowaniu *Ogólnopolskiej Giełdy Strączkowych*, zorganizowanej w ramach Programu Wieloletniego MRiRW (**załącznik 6, II, pkt. 8, poz. 10-11; pkt. 9, poz. 4**).

Ważnym elementem działalności popularyzatorskiej było także przekazywanie wiedzy uczniom szkół podstawowych i ponadpodstawowych na przygotowanych prelekcjach i warsztatach pokazowych, tj.: *„Przyrodnicze podróże”, „Moc roślin i jak możemy z niej korzystać”, „Jak wykorzystać sztuczną inteligencję w rolnictwie”* oraz *„Jedzenie z marketu w naturalnym przebraniu”* (**załącznik 7, poz. 7.27-7.31**). W ramach popularyzowania nauki przygotowałam i wygłosiłam autorski wykład nt. *„Natural*

conditions and production possibilities of Polish agriculture” podczas polsko-koreańskiego seminarium dla członków PTPN, PTZ oraz delegacji z Gyeongsang National University, Jinju z Korei Południowej (10.12.2019 r.). Ponadto w ramach współpracy z sektorem gospodarczym przygotowałam i przeprowadziłam warsztaty szkoleniowe nt. „Podstawy biologii roślin rolniczych”, „Fazy rozwojowe roślin rolniczych” oraz „Praktyczne rozpoznawanie faz rozwojowych roślin uprawnych” (załącznik 6, III, pkt. 2, 2.1, poz. 1-2, 4). W grudniu 2024 roku nagrałam podcast nt. „Pochodzenie rzepaku” (załącznik 6, III, pkt. 2, 2.1, poz. 3).

7. Informacje dotyczące kariery zawodowej

7.1. Informacje o działalności w wydawnictwach, w szczególności międzynarodowych

Recenzowałam łącznie 23 manuskrypty dla czasopism zarówno krajowych, jak i zagranicznych, z których część jest indeksowana w bazie *Journal Citation Reports*. Wykonałam recenzje dla następujących czasopism: *Agronomy* (6), *Agronomy Science* (3), *Asian Research Journal of Agriculture* (1), *Journal of Cereal Science* (1), *Acta Agrobotanica* (1), *Acta Agrophysica* (1), *Plants* (4), *Archives of Agronomy and Soil Science* (1), *Sustainability* (1), *Agriculture* (1), *Toxins* (1), *Springer Nature – Discover Sustainability* (1), *Crops* (1) (załącznik 6, II, pkt. 13, poz. 1-23; załącznik 7, poz. 7.19, 7.21-7.26). Ponadto pełnię funkcję redaktora zeszytu specjalnego „*Sustainability Assessment of Agricultural Cropping Systems*” publikowanego w ramach czasopisma *Sustainability* (załącznik 6, II, pkt. 12, poz. 1; załącznik 7, poz. 7.20).

7.2. Informacje o uczestnictwie w programach europejskich

Uczestniczyłam w programie UE - *Erasmus+*, w ramach którego prowadziłam zajęcia dydaktyczne dla studentów zarówno w Polsce, jak i w zagranicznej uczelni partnerskiej (*Latvia University of Life Sciences and Technologies*) (załącznik 7, poz. 7.32).

Ponadto w ramach Projektu „Rozwój banków zadań do egzaminu zawodowego” realizowanego przez Centralną Komisję Egzaminacyjną (CKE) a współfinansowanego przez Unię Europejską wykonywałam w roku 2018 oraz w latach 2020-2022 recenzje zadań na egzamin potwierdzający kwalifikacje w zawodzie (załącznik 6, III, pkt. 6, poz. 1-2; załącznik 7, poz. 7.33-7.34).

W ramach Europejskiego Funduszu Społecznego, Program Operacyjny – Kapitał Ludzki, działanie 8.2 - Transfer wiedzy, poddziałanie 8.2.1, wsparcie dla współpracy sfery nauki i przedsiębiorstw, odbyłam trzymiesięczny staż, którego celem było opracowanie innowacyjnych działań mających na celu optymalizację produkcji nasiennej przy wykorzystaniu wybranych metod uszlachetniania nasion (załącznik 6, II, pkt. 11, 11.2., poz. 1; załącznik 7, poz. 7.4).

7.3. Informacje o członkostwie w międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych

Należę do Polskiego Towarzystwa Agronomicznego o. Poznański. W 2011 roku zostałam wybrana do Zarządu Oddziału i od tego czasu pełnię funkcję sekretarza (załącznik 6, II, pkt. 10, poz. 1). Ponadto w 2022 roku zostałam członkiem Stowarzyszenia Przyjaciół Wydziału Rolnictwa, Ogrodnictwa i Bioinżynierii UP w Poznaniu, w którym pełnię funkcję wiceprezesa (załącznik 6, II, pkt. 10, poz. 2).

7.4. Informacja o udziale w komisjach eksperckich w ramach współpracy z otoczeniem społecznym i gospodarczym

Dwukrotnie (2018, 2020-2022) brałam udział w pracach zespołów eksperckich powołanych przez Centralną Komisję Egzaminacyjną (CKE) do recenzowania zadań (część pisemna + część praktyczna) na egzamin potwierdzający kwalifikacje w zawodzie – „Prowadzenie produkcji rolniczej w zawodzie Technik rolnik, technik agrobiznesu: RL.03” oraz „Prowadzenie produkcji rolniczej w zawodzie Technik agrobiznesu: RL.05” (załącznik 6, III, pkt. 6, poz. 1-2; załącznik 7, poz. 7.33-7.34). W ramach współpracy z sektorem gospodarczym wielokrotnie kierowałam lub brałam udział w zleconych tematach badawczych, zarejestrowanych w UP Poznań. Współpraca ta zaowocowała przeprowadzeniem doświadczeń polowych i laboratoryjnych oraz przygotowaniem 51 raportów z badań. Szczegółowy wykaz badań wykonanych na zamówienie prywatnego sektora gospodarki został zamieszczony w załączniku 6, III, pkt. 5, 5.1., poz. 1-51.

7.5. Informacje o udziale w szkoleniach, kursach i stażach naukowych

W celu podniesienia swoich kwalifikacji oraz kompetencji zawodowych i dydaktycznych brałam udział w szkoleniach (16), warsztatach szkoleniowych (2), kursach (1) oraz zrealizowałam siedem staży zawodowych w instytucjach naukowych i przedsiębiorstwach:

- szkolenia: załącznik 6, II, pkt. 11, 11.3. poz. 1-5, 8-18; załącznik 7, poz. 7.1-7.13,
- warsztaty szkoleniowe: załącznik 6, II, pkt. 11, 11.3. poz. 6-7; załącznik 7, poz. 7.7,
- kursy: załącznik 7, poz. 7.6,
- staże naukowe: załącznik 6, II, pkt. 11, 11.1, 11.2, poz. 1-2, 1-5; załącznik 7, poz. 7.14-7.18.

7.6. Informacje o wystąpieniach na krajowych lub międzynarodowych konferencjach naukowych

Moje zaangażowanie w działalność popularyzatorską przejawiało się również tym, że wielokrotnie brałam udział w Konferencjach Naukowych zarówno krajowych, jak i międzynarodowych, na których upowszechniałam wyniki badań w postaci 79 streszczeń, 3 polskich doniesień naukowych oraz materiałów konferencyjnych (1 szt.).

Uczestnicząc w konferencjach prezentowałam wyniki prac własnych i zespołu współautorów w formie referatów, posterów oraz krótkich prezentacji ustnych. Miałam 8 wystąpień ustnych (załącznik 6, II, pkt. 7, 7.1, poz. 1, 1-26), 8 razy prezentowałam wyniki badań w formie krótkiego doniesienia ustnego (załącznik 6, II, pkt. 7, 7.3, poz. 1-25) i przygotowałam 43 doniesienia konferencyjne w postaci posteru (załącznik 6, II, pkt. 7, 7.2, poz. 1-7; poz. 1-36).

7.7. Informacje o nagrodach i wyróżnieniach

Za osiągnięcia naukowe udokumentowane publikacjami otrzymałam pięciokrotnie (2010, 2013, 2014, 2015, 2019) nagrodę zespołową II stopnia oraz dwukrotnie III stopnia (2009, 2011) ufundowaną przez Rektora Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu (załącznik 7, poz. 7.50-7.55). Ponadto w 2008 roku otrzymałam nagrodę zespołową II stopnia za wyróżniającą się pracę doktorską.

7.8. Zestawienie dorobku w zakresie osiągnięć naukowo-badawczych

W tabelach 1 przedstawiono tabelaryczne zestawienie dorobku przed i po uzyskaniu stopnia doktora. Dorobek publikacyjny obejmuje łącznie 216 pozycji, wśród których wyróżnić można 88 oryginalnych prac twórczych (w tym 25 z nich znajduje się w czasopiśmie indeksowanych w *Journal Citation Reports*), 3 monografie naukowe, 29 artykułów popularnonaukowych, 3 pozycje materiałów szkoleniowych o charakterze popularyzatorskim, 10 rozdziałów w monografiach, 79 streszczeń, materiały konferencyjne (1 szt.) oraz 3 polskie doniesienia naukowe. Łączna liczba punktów za publikacje według MNiSW wynosi 2 223 (zgodnie z datą wydania). Na podstawie danych z bazy *Journal Citation Report* (JCR) sumaryczny Impact Factor (IF) wynosi 49,048. W tabeli 2 zamieszczono zestawienie dokonań naukowych według wskaźników bibliometrycznych.

Tabela 1. Zestawienie dorobku naukowego przed i po uzyskaniu stopnia doktora

Wyszczególnienie	Liczba prac przed doktoratem	Liczba prac po doktoracie	Suma pkt. przed doktoratem ¹	Suma pkt. po doktoracie ¹	Suma IF
Oryginalne prace twórcze	7	81	16	1 980	49,048
Monografie naukowe	0	3	0	160	0
Rozdziały w monografiach naukowych	1	9	6	60	0
Artykuły popularno naukowe	2	27	1	0	0
Materiały szkoleniowe o charakterze	---	3	---	---	0

informacyjnym i popularyzatorskim					
Materiały konferencyjne, streszczenia i doniesienia naukowe:			---	---	0
- krajowe	8	69			
- międzynarodowe	---	6			
Razem	18	198	23	2 200	49,048
Łącznie	216		2 223		49,048
Uczestnictwo w konferencjach:					
- krajowe	7	20	---	---	---
- międzynarodowe	0	3	---	---	---
Wykonanie recenzji dla czasopism:					
- krajowych	0	6	---	---	---
- zagranicznych	0	17	---	---	---

¹⁻ liczba punktów wg wykazu czasopism naukowych MNiSW zgodnie z rokiem opublikowania

Tabela 2. Zestawienie dokonań naukowych według wskaźników bibliometrycznych

Sumaryczny IF publikacji naukowych według listy <i>Journal Citation Report (JCR)</i> , zgodnie z rokiem opublikowania	49,048
Sumaryczna punktacja wszystkich prac według MNiSW ¹	2 223
Liczba cytowań (bez autocytowań) wg Web of Science	224
Liczba cytowań (bez autocytowań) wg Scopus	204
Liczba cytowań (bez autocytowań) wg Scholar (Google)	522
Indeks Hirscha wg Web of Science	10 (stan na dzień 14.03.2025 r.)
Indeks Hirscha wg Scopus	9 (stan na dzień 14.03.2025 r.)
Indeks Hirscha wg Scholar (Google)	13 (stan na dzień 16.03.2025 r.)

¹⁻ liczba punktów wg wykazu czasopism naukowych MNiSW zgodnie z rokiem opublikowania

.....
(podpis wnioskodawcy)