



UNIWERSYTET RZESZOWSKI



Autoreferat

w postępowaniu habilitacyjnym w dziedzinie nauk rolniczych
dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo

dr Marta Jańczak-Pieniążek

Zakład Produkcji Roślinnej
Instytut Nauk Rolniczych, Ochrony i Kształtowania Środowiska
Kolegium Nauk Przyrodniczych
Uniwersytet Rzeszowski

Rzeszów, 2023 r.

Spis treści

1. Imię i nazwisko	4
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej	4
3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych	4
4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.)	5
4.1. Tytuł osiągnięcia: „Wpływ wybranych czynników abiotycznych na przebieg procesów fizjologicznych w roślinie oraz wielkość i jakość plonu ziarna wybranych gatunków zbóż”	5
4.2. Wykaz publikacji (P) wchodzących w skład osiągnięcia	5
4.3. Omówienie celu naukowego wskazanego osiągnięcia oraz otrzymanych wyników	7
4.3.1. Hipoteza badawcza i cele badań	8
4.3.2. Omówienie wyników badań	10
4.3.3. Podsumowanie	22
4.4. Literatura źródłowa	24
5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej	27
5.1. Instytucje krajowe	27
5.2. Instytucje zagraniczne	29
6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę	30
6.1. Zajęcia dydaktyczne	30
6.2. Promotorstwo i recenzje prac dyplomowych	31
6.3. Promotor pomocniczy rozpraw doktorskich	32
6.4. Udział w szkoleniach i kursach	32
6.5. Osiągnięcia organizacyjne	33
6.6. Osiągnięcia popularyzujące naukę	34
6.6.1. Publikacje popularno-naukowe	34
6.6.2. Szkolenia	35
7. Inne informacje, nie wymienione w pkt. 1-6, ważne z punktu widzenia przebiegu kariery zawodowej	35
7.1. Omówienie pozostałych osiągnięć publikacyjnych	35
7.1.1. Oddziaływanie czynników siedliskowych i agrotechnicznych na plonowanie i jakość ziarna roślin zbożowych	35
7.1.2. Wpływ czynników środowiskowych i agrotechnicznych na plonowanie i jakość nasion roślin bobowatych grubonasiennych	40
7.1.3. Fizjologiczna odpowiedź roślin na aplikację czynników stresowych oraz stymulujących wzrost	45

7.1.4. Możliwości rolniczego zagospodarowania materiałów odpadowych i ich wpływ na właściwości gleb oraz wzrost i rozwój roślin.....	48
7.2. Współpraca międzynarodowa	50
7.3. Członkostwo w towarzystwach naukowych.....	51
7.4. Wykaz członkostwa w komitetach redakcyjnych czasopism wraz z informacją o pełnionych funkcjach	51
7.5. Recenzje prac naukowych	51
7.6. Udział w komitetach naukowych i organizacyjnych konferencji.....	51
7.6.1. Wykaz udziałów w komitetach naukowych konferencji krajowych	51
7.6.2. Wykaz udziałów w komitetach organizacyjnych konferencji krajowych	51
7.7. Informacje o współpracy z sektorem gospodarczym	52
7.8. Udział w pracach zespołów badawczych realizujących projekty finansowane w drodze konkursów	53
7.8.1. Projekty zrealizowane	53
7.8.2. Złożone projekty naukowe, w trakcie oceny	54
7.8.3. Złożone projekty naukowe, które nie otrzymały dofinansowania.....	54
7.9. Zestawienie dorobku w zakresie osiągnięć naukowo-badawczych.....	55
7.9.1. Dorobek naukowy przed uzyskaniem stopnia doktora.....	55
7.9.2. Dorobek naukowy po uzyskaniu stopnia doktora.....	55

1. Imię i nazwisko

Marta Jańczak-Pieniążek

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

- **magister biologii**, specjalność biologia ogólna i eksperymentalna (2008 r.), Uniwersytet Śląski w Katowicach, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska, kierunek Biologia, tytuł pracy magisterskiej: „Reakcje redoks koleoptyli kukurydzy inkubowanych w obecności allicyny i fuzikokcyny”, pod kierunkiem prof. dr hab. Waldemara Karcza;
- **magister biotechnologii**, specjalność biotechnologia roślin i mikroorganizmów (2009 r.), Uniwersytet Śląski w Katowicach, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska, kierunek Biologia, tytuł pracy magisterskiej: „Wpływ allicyny na zmiany objętości wakuol buraka”, pod kierunkiem prof. dr hab. Waldemara Karcza;
- **doktor nauk rolniczych**, dyscyplina rolnictwo i ogrodnictwo (uchwała Rady Naukowej Kolegium Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Rzeszowskiego z dnia 12.12.2019 r., praca z wyróżnieniem) (2019 r.), Uniwersytet Rzeszowski, Kolegium Nauk Przyrodniczych, tytuł rozprawy doktorskiej: „Wpływ intensywności uprawy na produktywność mieszańcowych i populacyjnych odmian pszenicy ozimej”, promotor dr hab. inż. Jan Buczek, prof. UR, promotor pomocniczy dr inż. Joanna Kaszuba; recenzenci: prof. dr hab. inż. Barbara Gąsiorowska i prof. dr hab. inż. Andrzej Kotecki.

3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych

- 01.11.2009 r. – 31.10.2016 r. – kurator Pracowni Kolekcji Naukowych i Zachowawczych – Śląski Ogród Botaniczny w Mikołowie;
- 01.11.2016 r. – 30.11.2020 r. – asystent w grupie pracowników badawczo-dydaktycznych w Katedrze Produkcji Roślinnej (obecnie Zakład Produkcji Roślinnej), Wydział Biologiczno-Rolniczy (obecnie Instytut Nauk Rolniczych, Ochrony i Kształtowania Środowiska, Kolegium Nauk Przyrodniczych), Uniwersytet Rzeszowski;
- 01.12.2020 r. – i nadal - adiunkt w grupie pracowników badawczo-dydaktycznych w Zakładzie Produkcji Roślinnej, Instytut Nauk Rolniczych, Ochrony i Kształtowania Środowiska, Kolegium Nauk Przyrodniczych, Uniwersytet Rzeszowski.

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

4.1. Tytuł osiągnięcia: „Wpływ wybranych czynników abiotycznych na przebieg procesów fizjologicznych w roślinie oraz wielkość i jakość plonu ziarna wybranych gatunków zbóż”

4.2. Wykaz publikacji (P) wchodzących w skład osiągnięcia

Osiągnięcie naukowe stanowiące podstawę do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego wpisuje się w dziedzinę nauk rolniczych, dyscyplina rolnictwo i ogrodnictwo. Osiągnięcia te dotyczą zagadnień, które można traktować jako elementy rolnictwa zrównoważonego i wyraźnie wkomponowują się w rekomendowaną obecnie przez Unię Europejską integrowaną produkcję roślinną. W skład osiągnięcia naukowego wchodzi cykl ośmiu publikacji naukowych, w których: w 1 pracy jestem jedynym autorem, w 5 pracach jestem pierwszym autorem oraz autorem korespondencyjnym, w 1 pracy - trzecim i w 1 - czwartym autorem. Sumaryczny Impact Factor tych prac wynosi IF= **36,519**, a liczba punktów według wykazu Ministerstwa Edukacji i Nauki wynosi **1000**. Oświadczenia Współautorów określające indywidualny wkład każdego z Nich w powstanie poszczególnych publikacji zamieszczono w **zał. 6**.

P1. Jańczak-Pieniążek M.*, Migut D., Piechowiak T., Buczek J., Balawejder M. 2021. The effect of exogenous application of quercetin derivative solutions on the course of physiological and biochemical processes in wheat seedlings. *International Journal of Molecular Sciences*. 22, 6882. doi:10.3390/ijms22136882

Mój wkład w powstawanie publikacji: inicjator badań, współudział w opracowaniu koncepcji i metodyki badań, udział w założeniu i prowadzeniu doświadczenia wazonowego oraz wykonaniu pomiarów fizjologicznych, przygotowanie i edycja tekstu pracy, autor korespondencyjny.*

IF=6,208; MEiN 140

P2. Jańczak-Pieniążek M.*, Migut D., Piechowiak T., Balawejder M. 2022. Assessment of the impact of the application of a quercetin-copper complex on the course of physiological and biochemical processes in wheat plants (*Triticum aestivum* L.) growing under saline conditions. *Cells*. 11, 1141. doi: 10.3390/cells11071141.

Mój wkład w powstawanie publikacji: inicjator badań, współudział w opracowaniu koncepcji i metodyki badań, udział w założeniu i prowadzeniu doświadczenia wazonowego, w wykonaniu pomiarów fizjologicznych, opracowaniu wyników badań, przygotowanie tekstu pracy, udział w edycji tekstu pracy, autor korespondencyjny.*

IF=7,666; MEiN 140

P3. Jańczak-Pieniążek M., Cichoński J., Michalik P., Chrzanowski G. 2023. Effect of heavy metal stress on phenolic compounds accumulation in winter wheat plants. *Molecules*, 28: 241. doi: 10.3390/molecules28010241

Mój wkład w powstawanie publikacji: inicjator badań, współudział w opracowaniu koncepcji i metodyki badań, udział w założeniu doświadczenia wazonowego i testu kiełkowania, w analizach laboratoryjnych dotyczących oznaczenia związków fenolowych, flawonoidów oraz enzymów PAL i TAL, udział w opracowaniu wyników badań, przygotowanie tekstu pracy, udział w edycji tekstu pracy.

IF=4,927; MEiN 140

P4. Buczek J., Migut D., Jańczak-Pieniążek M.* 2021. Effect of soil tillage practice on photosynthesis, grain yield and quality of hybrid winter wheat. *Agriculture*. 11, 479. doi: 10.3390/agriculture11060479

Mój wkład w powstawanie publikacji: współudział w opracowaniu koncepcji i metodyki badań, udział w prowadzeniu doświadczenia polowego, wykonywanie pomiarów fizjologicznych, udział w wykonaniu analiz laboratoryjnych (oznaczenie zawartości białka, zawartości mokrego glutenu, indeksu glutenu, liczby opadania, wskaźnika sedymentacji Zeleny'ego), opracowanie wyników badań, udział w przygotowaniu i edycji tekstu pracy, autor korespondencyjny.*

IF=2,925; MEiN 100

P5. Jańczak-Pieniążek M.*, Buczek J., Kaszuba J., Szpunar-Krok E., Bobrecka-Jamro D., Jaworska G. 2020. A comparative assessment of the baking quality of hybrid and population wheat cultivars. *Applied Sciences*. 10 (20), 7104. doi:10.3390/app10207104.

Mój wkład w powstawanie publikacji: inicjator badań, współudział w opracowaniu koncepcji i metodyki badań, udział w prowadzeniu doświadczenia polowego i analizach laboratoryjnych dotyczących oceny jakości ziarna, mąki i procesu wypieku chleba, opracowanie wyników badań, udział w przygotowaniu i edycji tekstu pracy, autor korespondencyjny.*

IF=2,679; MEiN 100

P6. Szpunar-Krok E., Depciuch J., Drygaś B., Jańczak-Pieniążek M., Mazurek K., Pawlak R. 2022. The Influence of biostimulants used in sustainable agriculture for antifungal protection on the chemical composition of winter wheat grain. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 19 (20): 12998. doi: 10.3390/ijerph192012998

Mój wkład w powstawanie publikacji: udział w prowadzeniu doświadczenia polowego, udział w przygotowaniu tekstu pracy.

IF=4,614; MEiN 140

P7. Jańczak-Pieniążek M.* The influence of cropping systems on photosynthesis, yield, and grain quality of selected winter triticale cultivars. 2023. *Sustainability*. 15, 11075. doi: 10.3390/su151411075

Mój wkład w powstawanie publikacji: inicjator badań, opracowanie koncepcji badań i metodyki badań, prowadzenie doświadczenia polowego, wykonanie pomiarów fizjologicznych, wykonanie analiz laboratoryjnych dotyczących oceny jakościowej ziarna,

opracowanie wyników badań, przygotowanie i edycja tekstu pracy, autor korespondencyjny.*

IF=3,900; MEiN 100

P8. Jańczak-Pieniążek M.*, Horvat D., Viljevac Vuletić M., Kovačević Babić M., Buczek J., Szpunar-Krok E. 2023. Antioxidant potential and phenolic acid profiles in triticale grain under integrated and conventional cropping systems. *Agriculture*. 13: 1078. doi: 10.3390/agriculture13051078

Mój wkład w powstawanie publikacji: inicjator badań, współudział w opracowaniu koncepcji i metodyki badań, udział w prowadzeniu doświadczenia polowego i analizach laboratoryjnych dotyczących oznaczenia zawartości kwasów fenolowych oraz aktywności antyoksydacyjnej, udział w opracowaniu wyników badań, udział w przygotowaniu i edycji tekstu pracy, autor korespondencyjny.*

IF=3,600; MEiN 140

4.3. Omówienie celu naukowego wskazanego osiągnięcia oraz otrzymanych wyników

Rośliny zbożowe zaliczane są do strategicznych roślin uprawnych, z uwagi na ich rolę w gospodarce żywnościowej (Shewry i Hey 2015). W Polsce, od wielu lat obserwuje się znaczący udział zbóż w strukturze zasiewów, który w 2022 r. wynosił 72,7%, w tym 20,6% stanowiła pszenica (GUS 2023). Ziarno zbóż wykorzystywane jest jako podstawowe pożywienie człowieka. Produkty zbożowe tworzą podstawę piramidy prawidłowego żywienia i zalecane są w komponowaniu diety dostarczającej oprócz energii, wielu cennych składników pokarmowych, niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania i rozwoju organizmu. Szczególne znaczenie posiadają produkty wykonane z pełnego ziarna zbóż, gdyż zawierają dużą ilość substancji mineralnych oraz błonnika. Zboża bogate są także w liczne substancje bioaktywne, których część wykazuje właściwości przeciwutleniające (Ma i in. 2021). Pszenica zwyczajna (*Triticum aestivum* L.), ze względu na wysoki potencjał plonowania i wartość technologiczną ziarna, odgrywa znaczącą rolę w gospodarce światowej. Produkcja pszenicy w Polsce w 2021 r. wynosiła 11,9 mln ton (FAOSTAT 2023). Spośród zbóż gatunek ten wyróżnia się dobrymi właściwościami wypiekowymi oraz możliwością wielokierunkowego przetwarzania na produkty spożywcze. Jest to możliwe dzięki obecności białek zawartych w ziarnie, które wpływają na lepkość i rozciągliwość ciasta (Zörb i in. 2018). Ze względu na wysoki udział produktów pszennych (mąka, kasza, płatki, makaron, chleb) w codziennej diecie człowieka oraz dzięki wysokiej zawartości węglowodanów złożonych, pszenica jest jednym z istotnych źródeł energii dostarczanej z żywnością (Shewry 2009). Z kolei pszenżyto (*x Tritcosecale* Witt.) jest syntetycznym mieszańcem międzyrodzajowym pszenicy i żyta. Zboże to charakteryzuje się wysokim potencjałem plonowania oraz odpornością na stropy biotyczne i abiotyczne (Ammar i in. 2004, McGoverin i in. 2011, Wójcik-

Gront i Studnicki 2021). Polska zaliczana jest do czołowych producentów pszenżyta. W 2021 r. jego produkcja w Polsce wynosiła 5,3 mln ton (FAOSTAT 2023). W ostatnim czasie odnotowuje się wzrost zainteresowania uprawą pszenżyta, spowodowany przede wszystkim wysoką wartością paszową ziarna, wynikającą z korzystnego składu aminokwasowego oraz dobrej jego strawności. Biorąc pod uwagę dynamiczne tempo przyrostu ludności świata oraz żywieniowe i agronomiczne walory pszenżyta zauważa się, że również to zboże może stać się w przyszłości źródłem pokarmu dla ludzi. Ponadto, obserwuje się rosnące zainteresowanie konsumentów produktami wytwarzanymi z alternatywnych gatunków zbóż (Hosseinian i Mazza 2009, McGoverin i in. 2011, Kaszuba i in. 2021).

4.3.1. Hipoteza badawcza i cele badań

Głównym celem badań była ocena wpływu wybranych czynników abiotycznych na przebieg procesów fizjologicznych, plonowanie oraz jakość ziarna pszenicy i pszenżyta.

4.3.1.1. Cele szczegółowe:

1. wykazanie wpływu aplikacji roztworów kwercetyny potasu (stężenia 0,5%, 1%, 3% i 5%) na przebieg procesów fizjologicznych i biochemicznych zachodzących w siewkach pszenicy (**P1**);
2. wykazanie wpływu aplikacji roztworów kwercetyny miedzi (stężenia 0,01%, 0,05% i 0,1%) na przebieg procesów fizjologicznych i biochemicznych zachodzących w siewkach pszenicy poddanych działaniu stresu solnego (**P2**);
3. odpowiedź roślin mieszańcowych odmian pszenicy na stres abiotyczny spowodowany doglebową aplikacją metali ciężkich (Cu i Pb) (**P3**);
4. ocena wpływu uprawy płuznej, systemu uproszczonego i siewu bezpośredniego na przebieg procesów fizjologicznych w roślinie, plonowanie oraz jakość ziarna mieszańcowych odmian pszenicy (**P4**);
5. ocena jakości ziarna, wartości wypiekowej i przydatności do produkcji pieczywa mąki uzyskanej z ziarna wybranych odmian mieszańcowych i populacyjnych pszenic uprawianych w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem (**P5**);
6. określenie wpływu dolistnej aplikacji biostymulatorów na skład chemiczny ziarna pszenicy ozimej z wykorzystaniem techniki spektroskopii ramanowskiej oraz porównanie składu chemicznego ziaren roślin traktowanych biostymulantami i ziaren roślin traktowanych fungicydami syntetycznymi (**P6**);

7. określenie reakcji fizjologicznej wybranych odmian pszenżyta ozimego na uprawę w systemie konwencjonalnym i integrowanym (**P7**);
8. wykazanie wpływu systemów uprawy na aktywność antyoksydacyjną i zawartość związków fenolowych w ziarnie wybranych odmian pszenżyta oraz porównanie wartości tych parametrów w śrucie pochodzącej z przemiału całego ziarna, mące i otrębach (**P8**).

4.3.1.2. Hipotezy badawcze:

- oprysk siewek pszenicy roztworami kwercetyny potasu wpłynie stymulująco na przebieg procesów fizjologicznych i biochemicznych zachodzących w roślinach pszenicy;
- oprysk siewek pszenicy roztworami kwercetyny miedzi spowoduje złagodzenie skutków działania stresu solnego;
- dogłębowa aplikacja metali ciężkich (Cu i Pb) w różnych stężeniach będzie powodować odmienną reakcję badanych odmian pszenicy na stres oksydacyjny;
- zastosowane systemy uprawy (płużny, uproszczony i siew bezpośredni) będą wpływały różnicująco na przebieg procesów fizjologicznych, plonowanie oraz jakość ziarna wybranych mieszańcowych odmian pszenicy;
- wartość technologiczna ziarna i jego przydatność do produkcji pieczywa będzie zależała od odmiany pszenicy populacyjnej i mieszańcowej oraz zastosowanej dawki nawożenia azotem;
- dolistna aplikacja biostymulatorów, z których PlanTonic BIO (zawierający ekstrakty z pokrzywy i wierzby) wykazuje aktywność przeciwgrzybiczą oraz preparatów fungicydowych w uprawie pszenicy będzie wpływała na skład i rozkład przestrzenny składników chemicznych w ziarnie;
- uprawa w systemie konwencjonalnym i integrowanym będzie determinowała przebieg procesu fotosyntezy, plonowanie oraz wartość parametrów jakościowych ziarna odmian pszenżyta ozimego;
- aktywność antyoksydacyjna i zawartość związków fenolowych będzie zależała od zastosowanych systemów uprawy pszenżyta ozimego oraz będzie zróżnicowana w poszczególnych częściach ziarniaka.

4.3.2. Omówienie wyników badań

Podczas uprawy pszenica narażona jest na działanie czynników stresowych zarówno biotycznych, jak i abiotycznych, które powodują uszkodzenia roślin prowadząc do zahamowania ich wzrostu oraz zmniejszenia plonu ziarna. Przykładem stresu abiotycznego jest zasolenie gleby, polegające na nadmiernej akumulacji jonów sodu, potasu, magnezu, chloru, azotu lub glinu (Caverzan i in. 2016, Saddiq i in. 2021). Za przyczynę zasolenia gleb uznaje się wykorzystanie wód morskich o wysokiej zawartości soli do nawadniania upraw. Zasolenie gleb w Polsce spowodowane jest przede wszystkim intensywnym stosowaniem nawozów mineralnych, nadmiernym stosowaniem środków ochrony roślin oraz zanieczyszczeniami przemysłowymi. Lokalne zasolenia gleb występują także w pasach wzdłuż odcinków dróg, na których w dużych ilościach stosowana jest sól do ich odśnieżania w okresie zimowym (Kłosowska 2010, Corwin 2021). Stres solny stanowi zatem zagrożenie dla upraw, powodując zaburzenia procesów fizjologicznych, biochemicznych oraz molekularnych w roślinie, co w efekcie może powodować obniżenie poziomu plonowania. Zasolenie powoduje m.in. zaburzenia kiełkowania, wzrostu roślin, przebiegu procesu wymiany gazowej i fluorescencji chlorofilu. W wyniku stresu oksydacyjnego następuje uszkodzenie organeli komórkowych oraz błony komórkowej, co może ostatecznie prowadzić do śmierci komórki. Procesy te zachodzą na skutek nadprodukcji i akumulacji wysoce toksycznych reaktywnych form tlenu (ROS) ($O_2^{\cdot-}$, H_2O_2 , 1O_2 , HO_2^{\cdot} , HO^{\cdot} , $ROOH$, RO^{\cdot} i RO^{\cdot}) (Raja i in. 2017, Kumari i Parida 2018, De Freitas i in. 2019, Seleiman i in. 2021). Zaliczana do flawonoidów kwercetyna (3,3',4',5,7-pentahydroksyflawon) jest silnym antyoksydantem, który odgrywa znaczącą rolę w regulacji procesów fizjologicznych zachodzących w roślinie, co ma szczególne znaczenie w przypadku występowania stresów biotycznych i abiotycznych (Boots i in. 2008, Messer i in. 2015). Powszechnie stosowane w rolnictwie chemiczne środki ochrony roślin mogą wywierać negatywny wpływ na środowisko przyrodnicze oraz zdrowie ludzi (Mierziak i in. 2014). Dlatego też, coraz większą uwagę zwraca się na możliwość wykorzystywania bezpiecznych środków – biopestycydów, których składnikami mogłyby być flawonoidy, w tym kwercetyna. Celem przeprowadzonych badań była ocena efektywności aparatu fotosyntetycznego oraz właściwości antyoksydacyjnych siewek pszenicy na skutek egzogennej aplikacji różnych stężeń flawonoidów: kwercetyny potasu (**P1**), jak też kwercetyny miedzi w warunkach stresu solnego (**P2**). W celu wykazania działania pochodnych flawonoidów (kwercetyny potasu i miedzi) na rośliny pszenicy ozimej odmiany 'Artist' wraz z zespołem przeprowadziłam badania wazonowe w warunkach kontrolowanych. W pracy (**P1**) zastosowałam roztwory

kwercetyny potasu w stężeniach: 0,5%, 1%, 3% i 5%, a w pracy (P2) roztwory kwercetyny miedzi w stężeniach 0,01%, 0,05% i 0,1%. W obu doświadczeniach wykonałam dwa zabiegi oprysku: pierwszy w fazie BBCH 14 (faza 4. liścia), a drugi zabieg po kolejnych siedmiu dniach. W pierwszym i siódmym dniu po każdym oprysku roślin pochodnymi kwercetyny przeprowadziłam pomiary fizjologiczne (względna zawartość i fluorescencja chlorofilu oraz wymiana gazowa), po czym ścięłam nadziemną część roślin i przekazałam do analiz biochemicznych.

Wraz z zespołem w pracy (P1) wykazałam stymulujący wpływ kwercetyny potasu na przebieg procesów fizjologicznych i biochemicznych zachodzących w siewkach pszenicy. Względna zawartość chlorofilu w liściach pszenicy poddanych działaniu kwercetyny rosła wraz ze wzrostem aplikowanych stężeń tego flawonoidu. Nie wykazałam różnic we względnej zawartości chlorofilu u siewek traktowanych stężeniami kwercetyny 3,0 i 5,0%, za wyjątkiem pierwszego terminu pomiaru, w którym w wyniku oprysku roślin stężeniem 5,0% uzyskałam istotnie wyższą (o 8,5%) wartość badanego parametru w porównaniu do stężenia 3,0%. Rośliny pszenicy zareagowały również wzrostem wartości parametrów fluorescencji chlorofilu (Fv/Fm - maksymalnej fotochemicznej wydajności PSII i Fv/F0 - maksymalnej efektywności reakcji rozkładu wody po donorowej stronie PSII) na dolistny oprysk roztworami kwercetyny potasu. Stymulujący efekt aplikacji tego flawonoidu w porównaniu z kontrolą stwierdziłam dla badanych parametrów w każdym terminie pomiaru, za wyjątkiem wskaźnika funkcjonowania PSII (PI) w pierwszym terminie pomiaru, w którym nie stwierdziłam różnic pomiędzy kontrolą a stężeniem 0,5%. W przypadku wskaźników Fv/Fm i Fv/F0, w obu terminach pomiarów nie obserwowałam różnic po zastosowaniu kwercetyny w stężeniach 0,5% i 1,0% oraz 3,0% i 5,0%. Po drugim oprysku roztworami kwercetyny potasu w pierwszym dniu wartość parametru Fv/Fm wzrosła istotnie po zastosowaniu stężeń 3,0% i 5,0% w porównaniu do stężenia 0,5%. Natomiast w siódmym dniu, nie stwierdziłam różnic pomiędzy stężeniami 3,0% i 5,0%. W badaniach wykazałam także wpływ aplikacji roztworów kwercetyny potasu na wzrost wartości parametrów wymiany gazowej: przewodnictwa szparkowego (g_s), intensywności fotosyntezy netto (P_N) i intensywności transpiracji (E) oraz spadek wewnątrzkomórkowego stężenia CO_2 (C_i). W wyniku aplikacji roztworów tego flawonoidu odnotowano wzrost całkowitej pojemności antyoksydacyjnej, nie stwierdzając przy tym istotnych różnic w wartości tego parametru po zastosowaniu oprysku stężeniami 0,5% i 1,0% oraz 3,0% i 5,0%. Stwierdziłam również wzrost zawartości związków fenolowych ogółem, proporcjonalny do zastosowanych stężeń kwercetyny w siewkach pszenicy, po zakończeniu doświadczenia. Badania te pozwoliły wybrać najbardziej korzystne stężenie kwercetyny potasu (3,0%), które

można polecać do dolistnej aplikacji we wczesnym stadium rozwojowym pszenicy narażonej na działanie różnych stresów biotycznych i abiotycznych.

W doświadczeniu, którego wyniki przedstawiłam wraz z zespołem w publikacji (P2), po osiągnięciu przez rośliny fazy 4 liści (BBCH 14), wywołany został stres solny poprzez podlanie gleby 200 mM roztworem NaCl, a w kolejnym dniu rośliny były opryskane roztworami kwercetyny miedzi. Analogicznie jak w doświadczeniu opisanym w pracy (P1), prowadzono pomiary przebiegu procesów fizjologicznych w roślinie, a po zakończeniu doświadczenia oznaczono w części nadziemnej roślin pszenicy poziom ROS i aktywność enzymów: dysmutazy ponadtlenkowej (SOD), katalazy (CAT) i peroksydazy gwajakolowej (GPOX). Przeprowadzone badania wykazały, że stres związany z zasoleniem gleby wpływa negatywnie na przebieg procesu fotosyntezy, o czym świadczy pogorszenie wartości analizowanych parametrów. W wyniku aplikacji roztworów kwercetyny miedzi na siewki pszenicy nie poddanej stresowi solnemu wraz z zespołem stwierdziłam istotny wzrost względnej zawartości chlorofilu proporcjonalnie do zaaplikowanych stężeń. W przypadku roślin rosnących w zasolonej glebie stwierdziłam istotne zwiększenie względnej zawartości chlorofilu po oprysku kwercetyną miedzi, przy czym po aplikacji stężeń 0,05% i 0,1% zawartość tego barwnika nie różniła się istotnie. W warunkach stresu solnego obserwowałam obniżenie wartości parametrów fluorescencji chlorofilu (F_v/F_m , F_v/F_0 i PI) i wymiany gazowej (P_N , g_s i E), natomiast wzrost poziomu ROS i aktywności enzymów antyoksydacyjnych (SOD i CAT). Oprysk siewek roztworami kwercetyny miedzi spowodował zwiększenie wartości analizowanych parametrów fluorescencji chlorofilu i wymiany gazowej (za wyjątkiem C_i , którego wartość uległa zmniejszeniu), natomiast obniżenie poziomu ROS. Wykazałam, że wyższe stężenia tego flawonoidu nie powodują istotnego wzrostu wartości parametrów fluorescencji chlorofilu. Najwyższą wartość parametrów P_N , g_s i E odnotowałam po oprysku kwercetyną miedzi w stężeniu 0,1%. Zasolenie gleby powodowało również istotny wzrost wskaźnika C_i , a oprysk siewek roztworami kwercetyny miedzi powodował jego obniżenie, szczególnie w wyniku zastosowania stężeń 0,05% i 0,1%. Wyższe stężenia tego flawonoidu (0,05% i 0,1%) powodowały istotny spadek poziomu ROS oraz aktywności wszystkich enzymów (CAT, SOD i GPOX).

Przeprowadzone badania zawarte w pracach (P1 i P2) wskazują, że zastosowanie pochodnych kwercetyny w uprawie pszenicy może stanowić nowatorski sposób jej ochrony przed negatywnym działaniem stresów środowiskowych. Dolistna aplikacja roztworów pochodnych kwercetyny potasu (3%) i miedzi (0,05% i 0,1%) wpływa na poprawę stanu fizjologicznego roślin i może łagodzić skutki stresu wywołanego

zasoleniem gleby. W przypadku potwierdzenia wyników powyższych badań w warunkach polowych, będzie można polecać te flawonoidy do opracowania nowych środków stymulujących wzrost roślin. Jest to szczególnie ważne w przypadku prowadzenia zrównoważonych praktyk w rolnictwie.

P1. Jańczak-Pieniążek M., Migut D., Piechowiak T., Buczek J., Balawejder M. 2021. The effect of exogenous application of quercetin derivative solutions on the course of physiological and biochemical processes in wheat seedlings. *International Journal of Molecular Sciences*. 22, 6882.

P2. Jańczak-Pieniążek M., Migut D., Piechowiak T., Balawejder M. 2022. Assessment of the impact of the application of a quercetin-copper complex on the course of physiological and biochemical processes in wheat plants (*Triticum aestivum* L.) growing under saline conditions. *Cells*. 11: 1141.

Metale ciężkie to pierwiastki naturalnie występujące w skorupie ziemskiej. Jednak działalność rolnicza związana ze stosowaniem syntetycznych nawozów i środków ochrony roślin czy też osadów ściekowych może powodować zwiększoną ich akumulację w glebie, co może powodować długofalowe negatywne skutki dla ekosystemu (Gupta i in. 2016, Dutta i in. 2018, Seneviratne i in. 2019). Stres roślin spowodowany obecnością metali ciężkich prowadzi do hamowania procesów komórkowych na różnych poziomach metabolizmu, skutkując spadkiem produktywności roślin (Dubey i in. 2018, Georgiadou i in. 2018, Ghori et al. 2019, Alengebawy i in. 2021). Jedną z wczesnych odpowiedzi roślin na stres związany z obecnością metali ciężkich jest produkcja reaktywnych form tlenu (ROS). Ich działanie może spowodować uszkodzenia na poziomie fizjologicznym i biochemicznym, prowadząc do zmniejszenia stabilności błony komórkowej, wydajności fotosyntezy, spadku produkcji barwników fotosyntetycznych, braku równowagi hormonalnej, zahamowania replikacji DNA, ekspresji genów oraz podziałów komórkowych. W przypadku braku równowagi pomiędzy produkcją a usuwaniem ROS z komórek, rośliny wykształciły system antyoksydacyjny, na który składają się enzymatyczne i nieenzymatyczne antyoksydanty (Yuan i in. 2013, Das i Roychoudhury, 2014). Do nieenzymatycznych antyoksydantów zalicza się związki fenolowe, które pełnią istotne funkcje molekularne i biochemiczne w roślinach. Zwiększenie biosyntezy związków fenolowych w roślinach poddanych stresowi związanemu z obecnością metali ciężkich w glebie pomaga chronić je przed stresem oksydacyjnym (Mira i in. 2002). Wraz z zespołem przeprowadziłam doświadczenie, którego wyniki przedstawiłam w pracy (P3), gdzie określiłam wpływ różnych stężeń (200, 500 i 1000 ppm) soli metali ciężkich $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ i $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ na przebieg procesu kiełkowania, aktywność enzymów uczestniczących w powstawaniu

związków fenolowych (amoniakolizazy fenyloalaniny (PAL) i tyrozyny (TAL)) oraz zawartość związków fenolowych ogółem i flawonoidów w roślinach odmian pszenicy mieszańcowej ('Hyvento', 'Hyking' i 'Hyacinth'). W celu weryfikacji odpowiedzi roślin na stres spowodowany obecnością metali ciężkich założyłam 2 eksperymenty. W doświadczeniu pierwszym zawartym w pracy (**P3**) określiłam energię i zdolność kiełkowania ziarniaków badanych odmian poddanych działaniu różnych stężeń Cu i Pb. Wraz z zespołem wykazałam, że akumulacja metali ciężkich, w szczególności Cu, miała negatywny wpływ na przebieg procesu kiełkowania ziaren pszenicy. W odniesieniu do kontroli w większości przypadków obserwowałam spadek energii i zdolności kiełkowania. Jedynie w przypadku aplikacji Pb w stężeniu 200 ppm nie stwierdziłam w odniesieniu do kontroli istotnych różnic w energii kiełkowania (odmiana 'Hyking') oraz energii i zdolności kiełkowania (odmiana 'Hyvento'). Wraz ze wzrostem stężeń soli obu metali ciężkich obserwowałam spadek parametrów kiełkowania. Wzrost stężenia Cu nie różnicował istotnie energii i zdolności kiełkowania ziarniaków badanych odmian. Jedynie u odmiany 'Hyvento' przy najniższym stężeniu Cu (200 ppm) stwierdziłam istotnie większą energię kiełkowania niż w pozostałych stężeniach soli tego pierwiastka. W przypadku Pb zastosowane stężenia różnicowały istotnie wartość parametrów kiełkowania. U każdej badanej odmiany stwierdziłam spadek wartości energii i zdolności kiełkowania w wyniku zastosowania stężenia 1000 ppm w odniesieniu do stężenia 200 ppm. Spośród badanych odmian pszenicy mieszańcowej najbardziej podatna na działanie Pb była odmiana 'Hyacinth', co obserwowałam w szczególności przy zastosowaniu stężenia 1000 ppm, które spowodowało uzyskanie najniższych wartości parametrów kiełkowania. Następnie przeprowadziłam eksperyment wazonowy w kontrolowanych warunkach. Ziarniaki badanych odmian pszenicy wysiałam do wazonów z glebą do której zaaplikowałam różne stężenia (200, 500 i 1000 ppm) soli $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ i $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. Po osiągnięciu przez rośliny fazy 2-3 liści (BBCH 12-13) nadziemna część roślin została ścięta, rozdrobniona i potraktowana ciekłym azotem, a następnie zamrożona i poddana liofilizacji. Tak przygotowany materiał użyłam do dalszych badań. Przeprowadziłam oznaczenie aktywności enzymów PAL i TAL. Wykazałam, że stres wywołany obecnością metali ciężkich spowodował w roślinach wzrost aktywności tych enzymów oraz akumulacji związków fenolowych ogółem i flawonoidów. Pod wpływem aplikacji roztworów Cu największą aktywność enzymatyczną wykazywały odmiany 'Hyvento' (zwłaszcza po aplikacji stężenia 200 ppm), a w przypadku aplikacji Pb w roślinach odmiany 'Hiacynt' (1000 ppm) i 'Hyking' (200 ppm). Ponadto stwierdziłam, że siewki odmiany 'Hyking' charakteryzowały się najwyższą zawartością związków fenolowych, która nie wzrastała wraz z zastosowaniem wyższych stężeń metali. U pozostałych odmian najwyższą

zawartość związków fenolowych ogółem i flawonoidów obserwowałam zwykle przy najniższym stężeniu (200 ppm) Cu i Pb.

Na glebach skażonych metalami ciężkimi ważnym wydaje się być m. in. dobór odpowiedniej odmiany do uprawy. Odmiany cechujące się większą tolerancją na skażenie gleby tymi metalami posiadają sprawniejszy system antyoksydacyjny, objawiający się wytwarzaniem większych ilości związków fenolowych i flawonoidów. Zawartość związków fenolowych w tkankach roślinnych może być zatem dobrym wskaźnikiem, który pozwoli przewidzieć zakres tolerancji danej odmiany na czynniki stresowe, co może pomóc hodowcom w kreacji nowych odmian, lepiej dostosowanych do takich warunków uprawy.

P3. Jańczak-Pieniążek M., Cichoński J., Michalik P., Chrzanowski G. 2023. Effect of heavy metal stress on phenolic compounds accumulation in winter wheat plants. Molecules, 28: 241.

Pomimo, iż w Polsce wciąż dominuje system uprawy płużnej (konwencjonalny), w ostatnich latach coraz większą popularnością ze względów ekonomicznych oraz środowiskowych cieszy się uprawa bezorkowa (bezpłużna) (Stajanko i in. 2009, Jaskulska i Jaskulski, 2020). Zmniejszenie intensywności uprawy wpływa na poprawę jakości gleby oraz obniżenie kosztów pracy i zużycia paliwa. Uproszczenia w uprawie wpływają także na poprawę zdolności magazynowania i wykorzystania wody w glebie, co w warunkach ocieplania się klimatu ma istotne znaczenie dla roślin (Jaskulska i Jaskulski 2020, Busari i in. 2015). Zwraca się jednak uwagę, iż duża ilość resztek poźniwnych pozostawionych na powierzchni gleby może powodować utrudnienia w uprawie. Jest to spowodowane wolniejszym obsychaniem i ocieplaniem gleby po mroźnych zimach, zmniejszeniem polowej zdolności wschodów roślin, spadkiem produktywności związanym z allelopatycznym oddziaływaniem niektórych substancji zawartych w resztkach poźniwnych. Duża ilość resztek poźniwnych wpływa także na większą częstotliwość występowania szkodników, a także zmniejszenie skuteczności działania nawozów i herbicydów (Carter 1994). W pracy (**P4**) wraz z zespołem przedstawiłam wyniki badań nad wpływem stosowania różnych systemów uprawy: orkowej (konwencjonalnej), uproszczonej oraz siewu bezpośredniego na przebieg procesu fotosyntezy, wielkość plonu i jakość ziarna mieszańcowych odmian pszenicy ozimej ('Hybery', 'Hyking', 'Hymalaya', 'Hypocamp' i 'Hyvento'). Trzyletnie badania polowe (od 2016/2017 do 2018/2019) wraz z zespołem badawczym przeprowadziłam w warunkach klimatycznych Polski południowo-wschodniej. W doświadczeniu wykazałam, że system uprawy roli wpływa na

plonowanie oraz wartość parametrów jakościowych ziarna badanych odmian pszenicy. Zastosowanie systemu konwencjonalnego skutkowało osiągnięciem najwyższego plonu ziarna oraz najwyższych wartości wskaźnika powierzchni liści LAI, względnej zawartości chlorofilu oraz parametrów fluorescencji chlorofilu (F_v/F_m , F_v/F_0 i PI) i wymiany gazowej (g_s i E) w sezonie wegetacyjnym charakteryzującym się najkorzystniejszymi warunkami hydrotermicznymi (2017/2018). Odmienne zależności stwierdziłam natomiast w sezonie o niedoborach opadów (2018/2019). Współczynnik wykorzystania wody (WUE) będący kluczowym wskaźnikiem w selekcji genotypów uprawianych na obszarach suchych i półsuchych, był najwyższy na obiektach uprawianych w systemie uproszczonym i siewu bezpośredniego, w szczególności w sezonie 2018/2019. Najwyższe wartości parametrów jakościowych ziarna (zawartość białka, glutenu, wartość wskaźnika sedymentacji Zeleny'ego i liczby opadania, sumy gliadyn i glutelin, podjednostek γ , ω gliadyn oraz HMW glutenin) stwierdziłam w systemie płuznym niż w systemie siewu bezpośredniego. W systemie uprawy płuznej i uproszczonej nie odnotowałam statystycznych różnic w zawartości albumin i globulin oraz podjednostek α/β gliadyn i LMW glutenin. W sezonie 2018/2019, charakteryzującym się najniższą sumą opadów oraz wysoką temperaturą w okresie dojrzewania ziarniaków, wartości parametrów jakościowych ziarna kształtowały się najkorzystniej. Odmianami pszenic mieszańcowych, które można polecać do uprawy w systemie konwencjonalnym ze względu na najkorzystniejsze wartości parametrów fizjologicznych oraz najwyższy plon były odmiany 'Himalaya' i 'Hypocamp', natomiast w systemie siewu bezpośredniego odmiana 'Hyking'. Ze względu na wysoką wartość technologiczną do uprawy polecać należy natomiast odmiany 'Hyking' i 'Hyvento'.

Informacje dotyczące poziomu plonowania odmian mieszańcowych pszenicy i wartości technologicznej ziarna stanowią cenne źródło wiedzy, ze względu na małą ilość informacji w literaturze światowej. Mają też znaczenie użytkowe, bowiem ułatwiają rolnikom właściwy dobór odmiany pszenicy mieszańcowej do systemu uprawy. Wiedza ta może być również przydatna dla hodowców, ponieważ może pomóc im w kreacji odmian o profilu genetycznym odpowiednim do uprawy w różnych warunkach hydrotermicznych.

P4. Buczek J., Migut D., Jańczak-Pieniążek M. 2021. Effect of soil tillage practice on photosynthesis, grain yield and quality of hybrid winter wheat. Agriculture. 11, 479.

Wartość wypiekowa mąki pszennej jest cechą odmianową i zależy od ilości białek zapasowych, których zawartość warunkowana jest m.in. przez warunki klimatyczno-glebowe oraz nawożenie, zwłaszcza azotem (Shewry 2009, Park i in. 2014, Jaskulska i in. 2018). Obecnie

w wyniku postępu biologicznego dąży się do uzyskania odmian pszenicy o korzystniejszych właściwościach jakościowych ziarna, wzbogaconych pod względem żywieniowym w możliwie jak największą ilość substancji bioaktywnych, lecz również tolerancyjnych na zmienne warunki klimatyczne i glebowe (Longin i in. 2012, Mühleisen i in. 2014). Jedną ze strategii w hodowli pszenicy jest poprawa wysokości i stabilności plonów w warunkach stresowych czynników biotycznych i abiotycznych środowiska przez wykorzystanie wigoru hybrydowego (Whitford i in. 2013, Gupta i in. 2019). Badania przedstawione w publikacji (P5) dotyczyły wpływu zróżnicowanego nawożenia azotem (N1 – 110 kg·ha⁻¹ i N2 – 150 kg·ha⁻¹) na parametry jakości ziarna i mąki, właściwości reologiczne ciasta oraz jakość chleba przygotowanego z mąk pszenicy odmian hybrydowych ('Hybery', 'Hyfi', 'Hypocamp', 'Hyena', 'Hymalaya', 'Hyvento', 'Hyking') i populacyjnych ('Hondia' i 'Belissa'). Wraz z zespołem badawczym stwierdziłam zróżnicowaną wartość technologiczną ziarna badanych odmian. Ziarno pszenicy odmiany 'Hypocamp' oceniłam korzystniej pod względem gęstości ziarna w stanie zsypanym (N1 i N2) i wydajności mąki (N2), odmiany 'Hymalaya' pod względem szklistości (N1 i N2) i wydajności mąki (N1), natomiast 'Hyvento' pod względem szklistości (N1 i N2) oraz zawartości białka surowego (N2). U wszystkich badanych odmian wzrost poziomu nawożenia azotem ze 110 kg N (N1) do 150 kg N·ha⁻¹ (N2) powodował zwiększenie zawartości białka surowego w ziarnie, glutenu mokrego i suchego, przy czym największą zawartością glutenu zbliżoną do odmian populacyjnych, wyróżniły się mieszańcowe odmiany 'Hyfi' i 'Hyvento'. Mąka otrzymana z ziarna populacyjnej odmiany 'Belissa' charakteryzowała się najwyższą wodochłonnością, a z mieszańcowej odmiany 'Hyking' największą liczbą jakości. Najmniej korzystnie pod względem cech reologicznych oceniono ciasto z mąki mieszańcowych odmian 'Hyfi' i 'Hypocamp' oraz populacyjnej odmiany 'Belissa'. Mąka pszenna odmian mieszańcowych charakteryzująca się odpowiednią jakością, może być rekomendowana do produkcji pieczywa pszennego. Nie stwierdziłam, oprócz wilgotności miękiszu i wydajności ciasta, wpływu zwiększonej dawki azotu na parametry procesu wypiekowego i jakości chleba. Chleby uzyskane z ciasta mieszańcowych odmian 'Hybery' i 'Hyvento' charakteryzowały się większą objętością niż odmiany 'Hyena'. Najlepszą przydatnością na cele piekarskie charakteryzowała się mieszańcowa odmiana 'Hybery', ze względu na wysokie wartości parametrów: wydajność ciasta, objętość właściwą pieczywa, porowatość miękiszu oraz małą stratę wypiekową, co może przyczynić się do wzrostu zainteresowania tą odmianą wśród producentów pieczywa.

Bardzo dobra jakość ziarna i mąki o potwierdzonej przydatności na cele piekarskie ma kluczowe znaczenie w doborze odmian. Przeprowadzone badania są nowatorskie z uwagi na brak wcześniejszej oceny wartości wypiekowej mąki uzyskiwanej z ziarna pszenic mieszańcowych. Mimo, iż koszty zakupu materiału siewnego odmian mieszańcowych są wyższe niż odmian populacyjnych, należy je zalecać praktyce rolniczej nie tylko ze względu na stabilność plonowania, ale także wysoką jakość ziarna, z którego można uzyskać mąkę o dużej przydatności do produkcji pieczywa.

P5. Jańczak-Pieniążek M., Buczek J., Kaszuba J., Szpunar-Krok E., Bobrecka-Jamro D., Jaworska G. 2020. A comparative assessment of the baking quality of hybrid and population wheat cultivars. Applied Sciences. 10 (20), 7104.

W związku z rosnącym zainteresowaniem związanym z ograniczaniem stosowania substancji chemicznych w uprawie roślin, takich jak nawozy i pestycydy, priorytetem staje się znalezienie przyjaznych dla środowiska sposobów wspierania wzrostu i rozwoju roślin, przy równoczesnym braku spadku poziomu ich plonowania. Nie bez znaczenia jest wzrost świadomości konsumentów i ich oczekiwania na żywność nie zawierającą w swoim składzie pozostałości pestycydowych (Rouphael i Colla 2020). Z tych powodów obserwuje się wzrost zainteresowania stosowaniem naturalnych stymulatorów wzrostu roślin, określanych mianem biostymulatorów, wspomagających wzrost i rozwój roślin bez powodowania niepożądanych skutków ubocznych (Du Jardin 2015, Du Jardin i in. 2020, Corsi i in. 2022). Biostymulatory wpływają na podstawowe procesy i mechanizmy obronne roślin, umożliwiając im utrzymanie homeostazy zapewniającej długookresową adaptację do zmieniających się warunków środowiskowych. Dzięki temu środki te są bezpieczniejsze dla środowiska i przyczyniają się do prowadzenia zrównoważonej produkcji roślinnej (Du Jardin i in. 2020). Celem badań zawartych w artykule (P6) było określenie wpływu dolistnej aplikacji biostymulatorów na skład chemiczny ziarna pszenicy ozimej. Wraz z zespołem dokonałam również porównania składu chemicznego ziaren roślin traktowanych biostymulantami z ziarnem roślin traktowanych fungicydami syntetycznymi. Badania polowe z pszenicą ozimą odmiany 'Hondia' prowadziłam w latach od 2016/2017 do 2018/2019. Czynnikiem doświadczenia były różne warianty ochrony roślin przed chorobami powodowanymi przez grzyby, w tym ochrona preparatami syntetycznymi i biostymulatorami. Wykorzystano biostymulatory: PlanTonic BIO (wykazuje działanie przeciwgrzybiczne, zawierający kwas salicylowy i ekstrakt z pokrzywy), Natural Crop (enzymatyczny koncentrat peptydów i L- aminokwasów powstały w procesie hydrolizy enzymatycznej kolagenu) oraz BioFol Plex (zawierający ekstrakt z alg, aminokwas

pochodzenia roślinnego, tiaminę, kompleksowany kwasami humusowymi). Skład chemiczny i rozkład przestrzenny składników w ziarnie pszenicy ozimej scharakteryzowano za pomocą techniki spektroskopii Ramana. Wraz z zespołem potwierdziłam możliwość zastosowania tej techniki charakteryzującej się szybkimi i niedestrukcyjnymi pomiarami do oceny jakości ziarna pszenicy. Stwierdziłam, że ziarna roślin traktowane preparatami syntetycznymi w wariantach z ochroną intensywną i ekstensywną zbliżone są do siebie pod względem składu chemicznego. Natomiast drugą grupę podobieństwa stanowią ziarna roślin traktowanych biostymulatorami (warianty: PlanTonic BIO, PlanTonic BIO + Natural Crop i PlanTonic BIO + Biofol Plex), które spowodowały zwiększenie zawartości kwasów tłuszczowych.

Przeprowadzone badania są nowatorskie, ze względu na brak doniesień w literaturze światowej o wpływie biostymulatorów na skład chemiczny ziarna zbóż. Stosowanie biostymulatorów w produkcji roślinnej, w tym wykazujących działanie przeciwgrzybiczne, może być obiecującą alternatywą, pomimo ich często słabszego działania na organizmy fitopatogenne w porównaniu z syntetycznymi środkami ochrony roślin. Wynika to z minimalnie szkodliwego wpływu biostymulatorów na środowisko, łatwiejszej biodegradowalności i braku pozostałości pestycydowych w surowcu po ich zastosowaniu, co wpływa na zwiększenie bezpieczeństwa konsumentów. Wiedza ta powinna być przydatna szczególnie dla rolników prowadzących produkcję zbóż w systemie zrównoważonym i ekologicznym.

P6. Szpunar-Krok E., Depciuch J., Drygaś B., **Jańczak-Pieniążek M.**, Mazurek K., Pawlak R. 2022. The Influence of biostimulants used in sustainable agriculture for antifungal protection on the chemical composition of winter wheat grain. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 19 (20): 12998.

Zmniejszająca się powierzchnia gruntów ornych oraz rosnąca populacja ludzi wymusza stosowanie intensywnych systemów produkcji, zapobiegających obniżaniu poziomu plonowania roślin, zwłaszcza w niesprzyjających warunkach środowiskowych (Tuomiso i in. 2012). Konwencjonalny system uprawy, mający na celu maksymalizację zysków, związany jest ze zwiększeniem zużycia chemicznych środków produkcji (Christel i in. 2021). Jednak intensywne praktyki rolnicze, w których stosowane są wysokie dawki nawożenia azotowego wpływają negatywnie na środowisko glebowe doprowadzając do zwiększenia śladu węglowego oraz eutrofizacji siedlisk wodnych (Schröder 2014, Giuliano i in. 2016). Obecnie, w warunkach obserwowanych zmian klimatu, ze względów środowiskowych oraz ekonomicznych zaleca się stosowanie rozwiązań alternatywnych względem powszechnie stosowanego

konwencyonalnego systemu uprawy, w tym systemie integrowanym (Marks-Bielska i in. 2019, Szelał-Sikora i in. 2019). Celem badań (P7) było wykazanie wpływu systemów uprawy (konwencyonalnego i integrowanego) na przebieg procesów fizjologicznych, wielkość plonu i jakość ziarna wybranych odmian pszenżyta ozimego. W trzyletnich badaniach polowych (2019-2022) wykazałam istotny wpływ warunków pogodowych na wielkość plonu i jakość ziarna odmian 'Avokado', 'Medalion', 'Rotondo' i 'SU Liborius'. Najwyższe wartości badanych parametrów fizjologicznych: względnej zawartości chlorofilu, fluorescencji chlorofilu (F_v/F_m i F_v/F_0) oraz wymiany gazowej za wyjątkiem (P_N , E , g_s) odnotowałam w sezonie 2020/2021, o najkorzystniejszych warunkach hydrotermicznych. Odmiana determinowała jedynie parametry wymiany gazowej P_N i g_s . Spośród badanych odmian tylko 'SU Liborius' uprawiana w systemie integrowanym cechowała się parametrami wymiany gazowej, jak i fluorescencji chlorofilu na podobnym poziomie jak u odmian 'Medalion' i 'Rotondo' w systemie konwencyonalnym. Odmiana 'SU Liborius' uprawiana w systemie integrowanym osiągnęła także wyższe wartości cech kształtujących plon niż pozostałe odmiany pszenżyta uprawiane w obu systemach uprawy. Zastosowanie systemu konwencyonalnego wpływało na uzyskanie wyższej zawartości białka i niższej zawartości tłuszczu w ziarnie. Ponadto ziarno pszenżyta uprawianego w systemie konwencyonalnym cechowało się wyższymi wartościami gęstości w stanie zsypanym, wyrównania i masy 1000 ziaren.

Dla praktyki rolniczej ważnym jest wykazanie, że odmiana 'SU Liborius' charakteryzuje się wysoką efektywnością wykorzystania składników pokarmowych, co znalazło odzwierciedlenie w wyższych wartościach parametrów fizjologicznych oraz w konsekwencji uzyskaniem wyższego plonu ziarna. Jest to istotne, w szczególności w uprawie w systemach o niższych nakładach, a także w rejonach narażonych na występujące okresowo niedobory opadów w krytycznym dla roślin okresie wzrostu. Wybór odpowiedniej, wydajnej odmiany umożliwia zatem jej uprawę w warunkach niższego nawożenia oraz pozwala uzyskać wysokie plony ziarna o dobrej jakości. Wiedza z tego zakresu jest moim zdaniem bardzo cenna dla rolników oraz hodowców, może wpłynąć na upowszechnienie zrównoważonych praktyk rolniczych i przyczynić się do zwiększenia bioróżnorodności przy zachowaniu opłacalności produkcji rolniczej.

P7. Jańczak-Pieniążek M. The influence of cropping systems on photosynthesis, yield, and grain quality of selected winter triticale cultivars. 2023. Sustainability. 15, 11075.

Ziarno zbóż jest bogatym źródłem składników funkcjonalnych oraz prozdrowotnych, do których zaliczyć można związki fenolowe włączając: kwas benzoesowy i cynamonowy, antocyjany, chinony, flawonole, chalkony, flawonony i aminofenole (Liu i in. 2007, Lloyd i in. 2000, Horvat i in 2020). Kwas ferulowy jest najbardziej rozpowszechnionym kwasem fenolowym występującym w ziarnie zbóż. Około 75% związków fenolowych występuje w otrębach, 15% w bielmie ziarna, natomiast pozostała część obecna jest w warstwie aleuronowej (Hung 2016). Pszenżyto stosowane jest głównie w celach paszowych jako pokarm dla trzody chlewnej, drobiu i przeżuwaczy w postaci ziarna, kiszonki roślin i słomy (McGovern i in. 2011, Glamočlija i in. 2018). W ostatnich latach zyskuje na popularności uprawa pszenżyta w celach konsumpcyjnych (Fraš i in. 2016, Kaszuba i in. 2021). Czynnikiem ograniczającym powszechne stosowanie ziarna pszenżyta do produkcji wyrobów piekarskich są niekorzystne właściwości technologiczne ziarna, w szczególności wysoka aktywność amylolityczną i niska zawartość glutenu, które źle wpływają na proces wypieku chleba (Zhu 2018, Ambriz-Vidal i in. 2019). W trzyletnim doświadczeniu polowym (2019-2022) czynnikami były systemy uprawy: konwencjonalny i integrowany oraz polskie odmiany pszenżyta ozimego ('Belcanto', 'Meloman' i 'Panteon') (P8). Wraz z zespołem wykonałam oznaczenia aktywności antyoksydacyjnej metodami DPPH i Trolox, całkowitej zawartości związków fenolowych metodą Folina–Ciocalteu'a oraz zawartości kwasów fenolowych. Analizy te były wykonane dla całego ziarna, mąki oraz otrąb. Wykazałam istotne zróżnicowanie odmian pszenżyta pod względem całkowitej zawartości związków fenolowych, zawartości większości analizowanych kwasów fenolowych i wpływ warunków pogodowych na aktywność antyoksydacyjną w badanych częściach ziarniaka. Niekorzystne warunki hydrotermiczne, w szczególności deficyt opadów, powodowały wzrost całkowitej zawartości kwasów fenolowych w ziarnie oraz największą aktywność antyoksydacyjną. Kwas ferulowy miał największy udział w całkowitej zawartości kwasów fenolowych. W ziarnie odmiany 'Meloman' stwierdziłam najwyższą zawartość kwasów fenolowych, a najniższą u odmiany 'Belcanto'. Uprawa pszenżyta w systemie konwencjonalnym w porównaniu z integrowanym spowodowała zmniejszenie ilości całkowitej zawartości kwasów fenolowych w mące i otrębach. Stwierdziłam również spadek zawartości kwasów fenolowych: kwasu p-hydroksybenzoesowego w mące, kwasu syringowego w pełnym ziarnie i otrębach oraz kwasu ferulowego i kwasu synapinowego w otrębach. Uprawa w systemie konwencjonalnym wpływała również na spadek aktywności antyoksydacyjnej w mące i otrębach. W większości analizowanych przypadków najwyższą aktywność przeciwutleniającą i zawartość kwasów fenolowych wykazałam w otrębach, a najmniejszą w mące.

Przeprowadzone badania stanowią nowy wkład w rozwój nauki ze względu na brak doniesień w literaturze światowej. Wskazują także na możliwość przeznaczenia ziarna pszenżyta na cele konsumpcyjne z uwagi na wysoką zawartość kwasów fenolowych w pełnym ziarnie oraz w produktach ubocznych (otrębach). Ziarno pszenżyta, zwłaszcza uprawianego w systemie integrowanym, może stanowić źródło cennych przeciwutleniaczy stosowanych do różnych celów spożywczych i nutraceutycznych. Wyniki badań mogą być także źródłem informacji dla hodowców tego zboża, przydatnych w kreowaniu nowych odmian przeznaczonych na cele konsumpcyjne.

P8. Jańczak-Pieniążek M., Horvat D., Viljevac Vuletić M., Kovačević Babić M., Buczek J., Szpunar-Krok E. 2023. Antioxidant potential and phenolic acid profiles in triticale grain under integrated and conventional cropping systems. Agriculture. 13: 1078.

4.3.3. Podsumowanie

Przeprowadzone badania potwierdziły postawione wcześniej hipotezy badawcze i pozwoliły na wykazanie:

- stymulującego wpływu aplikacji roztworów kwercetyny potasu na przebieg procesów fizjologicznych i biochemicznych zachodzących w siewkach pszenicy ozimej nie narażonych na działanie stresu abiotycznego. Na przebieg procesów fizjologicznych zachodzących w roślinach pszenicy w początkowych fazach jej wzrostu najkorzystniej wpływała dolistna aplikacja roztworu tego flawonoidu o stężeniu 3,0%;
- stymulującego wpływu dolistnej aplikacji roztworów kwercetyny miedzi o stężeniu 0,05% i 0,1% w łagodzeniu skutków stresu wywołanego zasoleniem gleby, u pszenicy w początkowych fazach jej wzrostu;
- zróżnicowanej reakcji mieszańcowych odmian pszenicy na doglebową aplikację Cu i Pb. Stres wywołany obecnością tych metali ciężkich w podłożu miał negatywny wpływ na kiełkowanie ziaren pszenicy (w szczególności Cu), wzrost aktywności enzymów PAL i TAL i akumulacji związków fenolowych w roślinie. Największą aktywność enzymatyczną wykazały rośliny odmian ‘Hyvento’ po aplikacji 200 ppm Cu, ‘Hiacynth’ po aplikacji 1000 ppm Pb i ‘Hyking’ 200 ppm Pb. Najwyższą zawartość fenoli ogółem i flawonoidów obserwowano zwykle przy najniższym stężeniu (200 ppm) badanych metali ciężkich, za wyjątkiem odmiany ‘Hyking’, u której nie wykazano wpływu stężeń Cu i Pb na ich akumulację w roślinie;
- istotnego wpływu systemu uprawy na przebieg procesów fizjologicznych w roślinie, wielkość plonu i jakość ziarna wybranych odmian pszenicy ozimej. Najkorzystniejsze

wartości parametrów fizjologicznych, najwyższy plon ziarna o wysokiej wartości technologicznej uzyskano w systemie uprawy płużnej (konwencjonalnej) w sezonie wegetacyjnym o najbardziej sprzyjających warunkach pogodowych, natomiast w warunkach niedoboru opadów - w systemach uprawy uproszczonej oraz siewu bezpośredniego;

- wpływu odmiany i zróżnicowanego nawożenia azotem na parametry jakościowe ziarna, mąki i wartości wypiekowej mieszańcowych i populacyjnych odmian pszenicy ozimej. Najlepszą przydatnością na cele piekarskie charakteryzowała się mieszańcowa odmiana 'Hybery'. Zwiększanie dawki azotu ze 110 kg do 150 kg N·ha⁻¹ powodowało u pszenicy wzrost zawartości białka w ziarnie oraz glutenu w mące;
- wpływu stosowanych preparatów syntetycznych i biostymulatorów oraz warunków hydrotermicznych na skład chemiczny ziarna. W wariantach chronionych preparatami syntetycznymi (ochrona intensywna i ekstensywna), skład chemiczny ziarna był zbliżony. Drugą grupę podobieństwa pod względem składu chemicznego stanowiło ziarno roślin traktowanych biostymulatorami. Zastosowanie biostymulatorów znacząco zwiększyło zawartości kwasów tłuszczowych w ziarnie pszenicy;
- wpływu systemów uprawy konwencjonalnego i integrowanego na przebieg procesów fizjologicznych, wielkość plonu oraz jakość ziarna wybranych odmian pszenżyta ozimego. Zastosowanie systemu konwencjonalnego skutkowało wzrostem wydajności fotosyntetycznej roślin, uzyskaniem wyższego plonu ziarna oraz poprawą jego parametrów jakościowych w porównaniu do systemu integrowanego. Odmiana 'SU Liborius' uprawiana w systemie integrowanym osiągnęła podobne lub wyższe wartości parametrów fizjologicznych oraz cech kształtujących plon niż pozostałe odmiany pszenżyta uprawiane w obu systemach uprawy;
- wpływu systemów uprawy konwencjonalnego i integrowanego na aktywność antyoksydacyjną oraz zawartość związków fenolowych w ziarnie wybranych odmian pszenżyta ozimego. Największy udział w całkowitej zawartości kwasów fenolowych miał kwas ferulowy. Uprawa pszenżyta w systemie konwencjonalnym w porównaniu z integrowanym powodowała zmniejszenie całkowitej zawartości kwasów fenolowych w mące i otrębach. Najwyższą aktywność przeciwutleniającą i zawartość kwasów fenolowych stwierdzono na ogół w otrębach, a najniższą w mące. Najwyższą zawartością kwasów fenolowych wyróżniło się ziarno odmiany 'Meloman', a najniższą 'Belcanto'.

4.4. Literatura źródłowa

1. Ambriz-Vidal T. N., Mariezcurrena-Berasain M. D., Heredia-Olea E., Martinez D. L. P., Gutierrez-Ibañez A. T. 2019. Potential of triticale (*X Triticosecale* Wittmack) malts for beer wort production. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*. 77: 282–286.
2. Alengebawy A., Abdelkhalek S. T., Qureshi S. R., Wang M.-Q. 2021. Heavy metals and pesticides toxicity in agricultural soil and plants: ecological risks and human health implications. *Toxics*. 9 (3): 42.
3. Ammar K., Mergoum M., Rajaram S. 2004. The history and evolution of triticale, in triticale improvement and production, red. Mergoun M., Gomez-Macpherson H. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 1–10.
4. Caverzan A., Casassola A., Brammer S. P. 2016. Antioxidant responses of wheat plants under stress. *Genetics and Molecular Biology*. 39 (1): 1-6
5. Boots A. W., Haenen G. R. M. M., Bast A. 2008. Health effects of quercetin: From antioxidant to nutraceutical. *European Journal of Pharmacology*. 585 (2–3): 325-337
6. Busari M. A., Kukal S. S., Kaur A., Bhatt R., Dulazi A. A. 2015. Conservation tillage impacts on soil, crop and the environment. *International Soil and Water Conservation Research*. 3: 119–129.
7. Carter M. R. 1994. A review of conservation tillage strategies for humid temperate regions. *Soil Tillage Research*. 31: 289–301.
8. Christel A., Maron P. A., Ranjard L. 2021. Impact of farming systems on soil ecological quality: A meta-analysis. *Environmental Chemistry Letters*. 19: 4603–4625.
9. Corsi S., Ruggeri G., Zamboni A., Bhakti P., Espen L., Ferrante A., Noseda M., Varanini Z. Scarafoni A. 2022. A bibliometric analysis of the scientific literature on biostimulants. *Agronomy*. 12: 1257.
10. Corwin D. L. 2021. Climate change impacts on soil salinity in agricultural areas. *European Journal of Soil Science*. 72: 842–862.
11. Das K., Roychoudhury A. 2014. Reactive oxygen species (ROS) and response of antioxidants as ROS-scavengers during environmental stress in plants. *Frontiers in Environmental Science*. 2 (53): 1-13.
12. De Freitas P. A. F., De Carvalho, H. H., Costa J. H., Miranda R. S., Saraiva K., De Oliveira F. D. B., Coelho D. G., Prisco J. T., Gomes-Filho E. 2019. Salt acclimation in sorghum plants by exogenous proline: physiological and biochemical changes and regulation of proline metabolism. *Plant Cell Reports*. 38: 403–416.
13. Du Jardin P. 2015. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*. 196: 3–14.
14. Du Jardin P., Xu L., Geelen D. 2020. Agricultural functions and action mechanisms of plant biostimulants (PBs): an Introduction. (red.) Geelen D., Xu L. *The Chemical Biology of Plant Biostimulants*. 1-29.
15. Dubey S., Shri M., Gupta A., Rani V., Chakrabarty D. 2018. Toxicity and detoxification of heavy metals during plant growth and metabolism. *Environmental Chemistry Letters*. 16: 1169–1192.
16. Dutta S., Mitra M., Agarwal P., Mahapatra K., De S., Sett U., Roy S. 2018. Oxidative and genotoxic damages in plants in response to heavy metal stress and maintenance of genome stability. *Plant Signaling and Behavior*. 13 (8): 1460048
17. FAOSTAT 2023 (<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>)

18. Fraś A., Gołębiowska K., Gołębiowski D., Mańkowski D. R., Boros D., Szecówka P. 2016. Variability in the chemical composition of triticale grain, flour, and bread. *Journal of Cereal Science*. 71: 66–72.
19. Georgiadou E. C., Kowalska E., Patla K., Kulbat K., Smolińska B., Leszczyńska J., Fotopoulos V. 2018. Influence of heavy metals (Ni, Cu, and Zn) on nitro-oxidative stress responses, proteome regulation and allergen production in basil (*Ocimum basilicum* L.) plants. *Frontiers in Plant Science*. 9: 862.
20. Ghorri N.-H., Ghorri T., Hayat M. Q., Imadi S. R., Gul A., Altay V., Ozturk M. 2019. Heavy metal stress and responses in plants. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 16: 1807-1828
21. Giuliano S., Ryan M. R., Véricel G., Rametti G., Perdrieux F., Justes E., Alletto L. 2016. Low-input cropping systems to reduce input dependency and environmental impacts in maize production: A multi-criteria assessment. *European Journal of Agronomy*. 76: 160–175.
22. Glamočlija N., Starčević M., Ćirić J., Šefer D., Glišić M., Baltić M. Ž., Marković R., Spasić M., Glamočlija Đ. 2018. The importance of triticale in animal nutrition. *Veterinary Journal of Republic of Srpska*. 18: 73–94.
23. Gupta P. K., Balyan H. S., Gahlaut V., Saripalli G., Pal B., Basnet B. R., Josh A. K. 2019. Hybrid wheat: past, present and future. *Theoretical and Applied Genetics*. 132: 2463–2483
24. Gupta A., Joia J., Sood A., Sood R., Sidhu C., Kaur G. 2016. Microbes as potential tool for remediation of heavy metals: a review. *Journal of Microbial and Biochemical Technology*. 223: 33–52.
25. GUS 2023. *Rocznik Statystyczny Rolnictwa 2022*. Warszawa
26. Horvat D., Šimić G., Drezner G., Lalić A., Ledencan T., Tucak M., Plavšić H., Andrić L., Zdunić Z. 2020. Phenolic acid profiles and antioxidant activity of major cereal crops. *Antioxidants*. 9: 527.
27. Hosseinian F. S., Mazza G. 2009. Triticale bran and straw: Potential new sources of phenolic acids, proanthocyanidins, and lignans. *Journal of Functional Foods*. 1 (1): 57-64.
28. Hung P. V. 2016. Phenolic compounds of cereals and their antioxidant capacity. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 56: 25–35.
29. Jaskulska I., Jaskulski D. 2020. Strip-till one-pass technology in Central and Eastern Europe: A MZURI Pro-Til hybrid machine case study. *Agronomy*. 10: 925
30. Jaskulska I., Jaskulski D., Gałęzewski L., Knapowski T., Kozera W., Waclawowicz R. 2018. Mineral composition and baking value of the winter wheat grain under varied environmental and agronomic conditions. *Journal of Chemistry*. 1–7
31. Kaszuba J., Jaworska G., Krochmal-Marczak B., Kogut B., Kuźniar P. 2021. Effect of bran addition on rheological properties of dough and quality of triticale bread. *Journal of Food Processing and Preservation*. 45: 15093
32. Kłosowska K. 2010. Reakcje roślin na stres solny. *Kosmos. Problemy Nauk Biologicznych*. 59: 3-4 (288-289), 539-549
33. Kumari A., Parida A. K. 2018. Metabolomics and network analysis reveal the potential metabolites and biological pathways involved in salinity tolerance of the halophyte *Salvadora persica*. *Environmental and Experimental Botany*. 148: 85–99.
34. Liu R. H. 2007. Whole grain phytochemicals and health. *Journal of Cereal Science*. 46: 207–219.

35. Lloyd B. J., Siebenmorgen T. J., Beers K. W. 2000. Effects of commercial processing on antioxidants in rice bran. *Cereal Chemistry*. 77: 551–555.
36. Longin C. F. H., Mühleisen J., Maurer H. P., Zhang H., Gowda M., Reif J. C. 2012. Hybrid breeding in autogamous cereals. *Theoretical and Applied Genetics*. 125: 1087–1096
37. Ma D., Wang C., Feng J., Xu B. 2021. Wheat grain phenolics: A review on composition, bioactivity, and influencing factors. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 101: 6167–6185
38. Marks-Bielska R., Bielski S., Novikova A., Romaneckas K. 2019. Straw stocks as a source of renewable energy. A case study of a district in Poland. *Sustainability*. 11: 4714
39. McGoverin C. M., Snyders F., Muller N., Botes W., Fox G., Manley M. 2011. A review of triticale uses and the effect of growth environment on grain quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 91, 1155-1165.
40. Messer J. G., Hopkins R. G., Kipp D. E. 2015. Quercetin metabolites up-regulate the antioxidant response in osteoblasts isolated from fetal rat calvaria. *Journal of Cellular Biochemistry*. 116 (9): 1857–1866.
41. Mierziak J., Kostyn K., Kulma A. 2014. Flavonoids as important molecules of plant interactions with the environment. *Molecules*. 19, 16240-16265;
42. Mira L., Fernandez M. T., Santos M., Rocha R., Florencio M. H., Jennings K. R. 2002. Interactions of flavonoids with iron and copper ions: A mechanism for their antioxidant activity. *Free Radical Research*. 36: 1199–1208
43. Mühleisen J., Piepho H. P., Maurer H. P., Longin C. F. H., Reif J. C. 2014. Yield stability of hybrids versus lines in wheat, barley, and triticale. *Theoretical and Applied Genetics*. 127: 309–316
44. Park H., Clay D. E., Hall R. G., Rohila J. S., Kharel T. P., Clay S. A., Lee S. 2014. Winter wheat quality responses to water, environment, and nitrogen fertilization. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 45: 1894–1905.
45. Raja V., Majeed U., Kang H., Andrabi K. I., John R. 2017. Abiotic stress: Interplay between ROS, hormones and MAPKs. *Environmental and Experimental Botany*. 137: 142–157.
46. Roupael Y., Colla G. 2020. Toward a sustainable agriculture through plant biostimulants: from experimental data to practical applications. *Agronomy*. 10: 1461.
47. Saddiq M. S., Iqbal S., Hafeez M. B., Ibrahim A. M. H., Raza A., Fatima E. M., Baloch H., Jahanzaib B., Woodrow P., Ciarmiello L. F. 2021. Effect of salinity stress on physiological changes in winter and spring wheat. *Agronomy*. 11: 1193
48. Schröder J. J. 2014. The position of mineral nitrogen fertilizer in efficient use of nitrogen and land: A Review of Natural Resources. 5: 936–948.
49. Seleiman M. F., Aslam M. T., Alhammad B. A., Hassan M. U., Maqbool R., Chattha M. U., Khan I., Gitari H. I., Uslu O. S., Roy R., Battaglia M. L. 2021. Salinity stress in wheat: effects, mechanisms and management strategies. *Phyton*. 91 (4): 667-694
50. Seneviratne M., Rajakaruna N., Rizwan M., Madawala H. M. S. P., Vithanage Y. S. O. M. 2019. Heavy metal-induced oxidative stress on seed germination and seedling development: a critical review. *Environmental Geochemistry and Health*. 41: 1813–183
51. Shewry P. R., Hey S. J. 2015. The contribution of wheat to human diet and health. *Food and Energy Security*. 4: (3) 178-202
52. Shewry, P. R. 2009. Wheat. *Journal of Experimental Botany*. 60: 1537–1553.

53. Stajanko D., Lakota M., Vucajnk F., Bernik R. 2009. The effect of different tillage systems on fuel saving and reduction of CO₂ emission in production of silage corn in Eastern Slovenia. *Polish Journal of Environmental Studies*. 18: 709–714.
54. Szelaĝ-Sikora A., Sikora J., Niemiec M., Gródek-Szostak Z., Kapusta-Duch J., Kuboń M., Komorowska M., Karcz J. 2019. Impact of integrated and conventional plant production on selected soil parameters in carrot production. *Sustainability*. 11: 5612.
55. Tuomisto H. L., Hodge I. D., Riordan P., Macdonald D. W. 2012. Comparing global warming potential, energy use and land use of organic, conventional and integrated winter wheat production. *Annals of Applied Biology*. 161: 116–126.
56. Whitford R., Fleury D., Reif J. C., Garcia M., Okada T., Korzun V., Langridge P. 2013. Hybrid breeding in wheat: technologies to improve hybrid wheat seed production. *Journal of Experimental Botany*. 64 (18): 5411–5428
57. Wójcik-Gront E.; Studnicki M. 2021. Long-Term yield variability of triticale (*×Triticosecale* Wittmack) tested using a CART model. *Agriculture*. 11: 92.
58. Yuan H. M., Liu W. C., Jin Y., Lu Y. T. 2013. Role of ROS and auxin in plant response to metal-mediated stress. *Plant Signaling and Behavior*. 8 (7): 24671
59. Zhu F. 2018. *Triticale*: Nutritional composition and food uses. *Food Chemistry*. 241: 468–479.
60. Zörb C., Ludewig U., Hawkesford M. J. 2018. Perspective on wheat yield and quality with reduced nitrogen supply. *Trends in Plant Science*. 23 (11): 1029–1037

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

5.1. Instytucje krajowe

W latach 2009-2016 realizowałam badania naukowe w Śląskim Ogrodzie Botanicznym w Mikołowie, moim poprzednim miejscu zatrudnienia. Z uwagi na zajmowane stanowisko Kuratora Kolekcji Naukowych i Zachowawczych sprawowałam m. in. nadzór nad kolekcjami starych odmian drzew owocowych, gdzie prowadziłam naukową dokumentację kolekcji i badania związane z zachowaniem *in situ* zasobów genowych starych odmian drzew owocowych. Wyniki tych działań zostały ujęte w publikacji (zał. 4, II.4.1.1.) Zagadnienia z zakresu ochrony zasobów genowych starych odmian drzew owocowych zaprezentowałam również na konferencji międzynarodowej (zał. 4, II.7.2.). Byłam wykonawcą projektu we współpracy ze Stowarzyszeniem Kraina św. Anny pt. „Analiza bioróżnorodności z naciskiem na stare odmiany czereśni w obszarze Stowarzyszenia Kraina św. Anny i niezbędne działania służące ich ocaleniu”. Zadania realizowane w ramach projektu polegały na inwentaryzacji historycznych alei czereśniowych w woj. opolskim, oznaczeniu odmian, analizie dendrologicznej wieku drzew, pobraniu materiału do szczepień i okulizacji czereśni. Efektem tych badań było opublikowanie pracy (zał. 4, II.4.1.2.). Wyniki badań realizowanych

w projekcie zaprezentowane zostały również na konferencji międzynarodowej (**zał. 4, II.7.4.**). Brałam udział w badaniach dotyczących anatomii drzew, ze szczególnym uwzględnieniem jabłoni, a ich wyniki prezentowałam na krajowych konferencjach naukowych (**zał. 4, II.7.1., II.7.3., II.7.5.**).

Po uzyskaniu stopnia doktora brałam udział w pięcioletnim grantie Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi pt.: „Zwiększenie wykorzystania krajowego białka paszowego dla produkcji wysokiej jakości produktów zwierzęcych w warunkach zrównoważonego rozwoju” w ramach Programu Wieloletniego 2016-2020 pn.: „Ulepszanie krajowych źródeł białka roślinnego, ich produkcji, systemu obrotu i wykorzystania w paszach” (2016-2020). W realizacji tego projektu, oprócz Uniwersytetu Rzeszowskiego, zaangażowanych było wiele jednostek naukowych (Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa IUNG-PIB w Puławach oraz Danko Hodowla Roślin Sp. z o. o.). Byłam wykonawcą w zadaniu 3.3.5 „Rozmieszczenie roślin w łanie a rozwój, plonowanie i jakość nasion strączkowych w rejonie podkarpackim” (budżet projektu dla UR 145 000 zł). Celem badań realizowanych z moim współudziałem było wskazanie optymalnej gęstości siewu i rozstawy rzędów kilku gatunków roślin bobowatych grubonasiennych (soja, bobik, groch i łubin wąskolistny) w warunkach glebowo-klimatycznych Podkarpacia. W ramach projektu uczestniczyłam w prowadzeniu obserwacji i pomiarów w doświadczeniu polowym, ocenie brodawkowania, pomiarach cech morfologicznych roślin i opracowaniu wyników badań. By postulować zwiększenie areału uprawy roślin bobowatych grubonasiennych w Polsce, wyniki badań upowszechniano w formie konferencji i szkoleń dla praktyki rolniczej prowadzonych przez pracowników IUNG-PIB w Puławach, Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu i Uniwersytetu Rzeszowskiego. Wyniki badań zostały opublikowane w czasopiśmie naukowych, których jestem współautorem (**zał. 4, II.4.1.12., II.4.2.7., II.4.2.9., II.4.2.15.**) oraz były przeze mnie prezentowane na konferencji naukowej (**zał. 4, II.7.17.**). Część badań realizowanych w ramach zadania 3.6.5 „Opracowanie technologii uprawy soi z uwzględnieniem warunków regionalnych kraju”, dotycząca oznaczenia profilu kwasów tłuszczowych w nasionach soi, wykonałam we współpracy z pracownikami Instytutu Agroekologii i Produkcji Roślinnej Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Współpraca ta zaowocowała ukazaniem się publikacji, której jestem współautorem (**zał. 4, II.4.2.8.**).

Od 2018 r. współpracuję z pracownikami Katedry Herbologii i Technik Uprawy Roślin Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Współpraca dotyczy prowadzenia wspólnych badań

z zakresu agrotechniki i jakości pszenicy oraz rumianku. Efektem współpracy były współautorskie publikacje naukowe (zał. 4, II.4.2.11., II.4.2.12., II.4.2.14.).

5.2. Instytucje zagraniczne

W okresie od 12.09.2022 r. do 23.09.2022 r. (2 tygodnie) odbywałam staż zagraniczny w Poljoprivredni Institut Osijek (ang. Agricultural Institute Osijek, Agrochemical Laboratory), Osijek, Chorwacja,), w ramach projektu „Regionalna Inicjatywa Doskonałości (RID) „Rozwój potencjału badawczego w obszarze nauk rolniczych UR szansą dla gospodarki żywnościowej”, 026/RID/2018/2019. W trakcie stażu poznałam metodykę przygotowania próbek do badań chromatograficznych HPLC oraz pod nadzorem pracowników Instytutu prowadziłam analizy ziarna pszenżyta pochodzącego z trzyletnich badań polowych (2019/2020 - 2021/2022) przeprowadzonych w Polsce. Wykonałam oznaczenia zawartości kwasów fenolowych w całym ziarnie, otrębach i mące trzech odmian pszenżyta ozimego, uprawianych w systemie konwencjonalnym i integrowanym. Efektem tej współpracy jest publikacja z naukowcami z Agricultural Institute Osijek (**P8**). W trakcie odbywania tego stażu nawiązałam współpracę naukową z dr Danielą Horvat (kierownik Department of Agrochemical Laboratory Agricultural Institute Osijek) i dr Krešimirem Dvojković (kierownik Department of Small Cereal Crops Breeding and Genetics) oraz z Assoc. Prof. Dario Iljić z Faculty of Agrobiotechnical Sciences, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek. Podpisana została umowa współpracy (Umowa Współpracy z 16.09.2022 r. (zał. 7.7.) dotycząca prowadzenia doświadczenia z chorwackimi i polskimi odmianami pszenicy ozimej, w dwóch lokalizacjach (Chorwacja i Polska). Doświadczenie jest prowadzone od sezonu 2022/2023, a badania będą kontynuowane w dalszych latach.

W okresie od 10.10. do 21.10.2023 r. (2 tygodnie) odbyłam staż w Universitat de Lleida, Department de Producció Vegetal i Ciència Forestal (ang. University of Lleida, Departament of Forestry and Agricultural Science and Engineering). Podczas stażu nawiązałam współpracę z dr Martą Da Silva Lopes z Institute of Agrifood Research and Technology (IRTA) oddział w Lleida (Hiszpania), zajmującym się hodowlą i badaniami nad doskonaleniem agrotechniki roślin uprawnych, w szczególności roślin zbożowych. Planowana współpraca polega m.in. na prowadzeniu wspólnych badań dotyczących wpływu różnych stresów abiotycznych (susza, zasolenie) na przebieg procesów fizjologicznych w roślinie, z wykorzystaniem materiału pochodzącego z IRTA.

W 2023 r. nawiązałam współpracę z prof. Marią Romero-Puertas z Department of Biochemistry and Cellular Biology of Plants w Granadzie (Hiszpania) w zakresie prowadzenia wspólnych

badan dotyczących mechanizmów biochemicznych zachodzących w roślinach uprawnych narażonych na czynniki stresowe. Aktualnie prowadzę ustalenia dotyczące zakresu planowanych badań, których realizację planuję w najbliższym okresie. Ponadto we współpracy z prof. Marią Romero-Puertas pełnię funkcję Co-Guest Editor numeru specjalnego "The role of biostimulants in alleviating oxidative stress in crop plants" w czasopiśmie Antioxidants (IF=7,0; JCR - Q1; 140 pkt. MEiN).

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

6.1. Zajęcia dydaktyczne

Zajęcia dydaktyczne ze studentami są ważnym elementem mojej pracy zawodowej. W ramach działalności dydaktycznej realizuję zajęcia w wymiarze co najmniej 240 godzin/rok. Prowadzę wykłady oraz ćwiczenia: laboratoryjne, projektowe i terenowe na studiach I i II stopnia na kierunkach: Rolnictwo; Odnawialne Źródła Energii i Gospodarka Odpadami; Ochrona Środowiska; Technologia Żywności i Żywnienie Człowieka; Logistyka w Sektorze Rolno-Spożywczym; Architektura Krajobrazu oraz Agroleśnictwo.

Wykaz prowadzonych zajęć na kierunkach:

Rolnictwo:

- Szczegółowa uprawa roślin (ćwiczenia laboratoryjne i terenowe),
- Reprodukacja i obrót materiałem siewnym (ćwiczenia laboratoryjne),

Odnawialne Źródła Energii i Gospodarka Odpadami:

- Uprawa roślin energetycznych (wykłady, ćwiczenia laboratoryjne, projektowe i terenowe),
- Bilanse agroenergetyczne (ćwiczenia projektowe),

Ochrona Środowiska:

- Podstawy agrotechnologii (ćwiczenia laboratoryjne),
- Uprawa roli i roślin w terenach górskich (ćwiczenia laboratoryjne),

Technologia Żywności i Żywnienia Człowieka:

- Produkcja surowców roślinnych (ćwiczenia laboratoryjne),

Logistyka w Sektorze Rolno-Spożywczym:

- Produkcja surowców roślinnych (ćwiczenia laboratoryjne),

Architektura Krajobrazu:

- Rośliny alternatywne w krajobrazie (ćwiczenia laboratoryjne),

Agroleśnictwo:

- Podstawy agronomii (ćwiczenia laboratoryjne).

Prowadziłam wykłady z przedmiotu „Produkcja ogrodnicza” dla słuchaczy Studiów Podyplomowych „Rolnictwo dla absolwentów nierolniczych studiów wyższych” (II, III, IV i V edycja), realizowane w Uniwersytecie Rzeszowskim (2019-2023).

6.2. Promotorstwo i recenzje prac dyplomowych

Istotnym elementem mojej działalności dydaktycznej jest opieka naukowa nad dyplomantami. Byłam promotorem 6 prac magisterskich i 6 prac inżynierskich na kierunkach Rolnictwo oraz Odnawialne Źródła Energii i Gospodarka Odpadami, a obecnie sprawuję opiekę nad realizacją 4 prac inżynierskich.

Wykaz prac dyplomowych zrealizowanych na kierunkach:

Rolnictwo:

- prace inżynierskie:
 - 1) Wpływ technologii produkcji na plonowanie i jakość ziarna wybranych odmian pszenżyta ozimego (Monika Koczela, 2022);
 - 2) Wpływ szczepienia bakteryjnego na plonowanie soi (Kacper Kielar, 2023);
- prace magisterskie:
 - 3) Plonowanie soi odmiany Merlin w warunkach Podkarpacia (Radosław Gnapp, 2021);
 - 4) Reakcja wybranych odmian pszenżyta ozimego na intensywność technologii produkcji (Monika Masełek, 2022);
 - 5) Wpływ technologii uprawy na produktywność wybranych odmian pszenżyta ozimego uprawianych w warunkach Podkarpacia (Monika Koczela, 2023);

Odnawialne Źródła Energii i Gospodarka Odpadami:

- prace inżynierskie:
 - 6) Ocena przydatności wybranych odmian pszenżyta do uprawy na cele energetyczne (Ewelina Rumak, 2021);
 - 7) Wpływ zasolenia gleby na wzrost wieloletnich roślin energetycznych na przykładzie roznika przerośniętego (*Silphum perfoliatum* L.) (Mateusz Koszorek, 2022);
 - 8) Odpowiedź roślin żyta uprawianego na cele energetyczne na stres spowodowany zasoleniem gleby (Weronika Wrona, 2023);
 - 9) Oddziaływanie stresu solnego na fluorescencję chlorofilu w roślinach żyta uprawianego na cele energetyczne (Sylwia Gębarowska, 2023);

– prace magisterskie:

10) Reakcja wieloletniej trawy energetycznej – palczatki Gerarda na zasolenie gleby (Tomasz Mycek, 2022);

11) Reakcja miskanta chińskiego (*Miscanthus sinensis* Andersson) na stres zasolenia (Kinga Czachor, 2023);

12) Wpływ stresu spowodowanego zasoleniem gleby na stan fizjologiczny wybranego gatunku trawy energetycznej (Mateusz Koszorek, 2023).

Byłam również recenzentem 16 prac dyplomowych (2020-2023) na kierunkach: Rolnictwo (4 prace inżynierskie i 8 magisterskich), Odnawialne Źródła Energii i Gospodarka Odpadami (3 prace inżynierskie) oraz Logistyka w Sektorze Rolno-Spożywczym (1 praca inżynierska).

6.3. Promotor pomocniczy rozpraw doktorskich

Zostałam powołana na promotora pomocniczego w rozprawie doktorskiej mgr Wojciecha Pikuly pt. „Reakcja pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* L.) na doglebowe i dolistne nawożenie azotem”. Praca ta jest obecnie realizowana na Uniwersytecie Rzeszowskim w Kolegium Nauk Przyrodniczych, a promotorem pracy jest dr hab. inż. Ewa Szpunar-Krok, prof. UR. Planowany termin obrony przewidziano na 2025 r. (zał. 7.3.).

6.4. Udział w szkoleniach i kursach

Stale podnoszę swoje kwalifikacje biorąc udział w licznych szkoleniach i kursach:

– Konferencja szkoleniowa pt. „Likwidacja plantacji wierzby energetycznej – warsztaty szkoleniowe”. Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki, Uniwersytet Rolniczy. Kraków, 26.04.2017 r.

– Szkolenia statystyczne organizowane przez StatSoft Polska pt. „Statistica – analiza wyników badań”. Rzeszów, 8-9.01.2019 r. i 15-16.01.2019 r. oraz „Zaawansowane metody analizy wyników badań rolniczych w programie Statistica i Zestawie Przyrodnika”. Rzeszów 17.-18.02.2020 r. (zał. 7.4.);

– Szkolenie pt.: „Kompetencje dydaktyczne i informatyczne kadry Uniwersytetu Rzeszowskiego w zakresie kształcenia na odległość”. Rzeszów, 04.02.2019 r. (zał. 7.4.);

– Szkolenie pt. „OZE – szansa na innowacyjne rolnictwo” organizowane w Boguchwale 0.04.2019 r. przez Krajowy Ośrodek Wsparcia Rolnictwa (zał. 7.4.);

– Szkolenie pt. „Szkolenie świadomościowe dotyczące problemów osób z niepełnosprawnością dla pracowników Uniwersytetu Rzeszowskiego”. Rzeszów 30.06.2021 r. (zał. 7.4.);

- Szkolenie pt. „Szkolenie z zakresu zarządzania prawami autorskimi i prawami pokrewnymi oraz prawami własności intelektualnej”. Rzeszów, 09.06.2022 r. (**zał. 7.4.**);
- Szkolenie pt. „Zarządzanie sobą w czasie”. Rzeszów, 02.02.2022 r.;
- Szkolenie pt.: „Innowacyjne metody nauczania zdalnego, w tym weryfikacja efektów nauki zdalnej”. Rzeszów, 07-08.02.2022 r.;
- Warsztaty pt. „Coaching jako skuteczna metoda pracy ze studentami. Podnoszenie umiejętności dydaktycznych nauczycieli akademickich” Rzeszów, 10.03-11.03.2022 r. (**zał. 7.4.**);
- Warsztaty pt. „Komunikacja w zespole z wykorzystaniem narzędzi coachingowych” Rzeszów 18-19.05.2022 r. (**zał. 7.4.**);
- Warsztaty pt. „Grywalizacja – skuteczne metody nauczania z wykorzystaniem elementów gier w celu aktywizacji i motywowania studentów do nauki”.

6.5. Osiągnięcia organizacyjne

Uczestniczę aktywnie w działalności organizacyjnej na rzecz Uniwersytetu Rzeszowskiego.

W okresie zatrudnienia w UR pełniłam funkcje:

- członka Rady Instytutu Nauk Rolniczych, Ochrony i Kształtowania Środowiska (z wyboru, kadencje: 2019-2020, 2020 - i nadal) (**zał. 7.5.**);
- członka w Komisji ds. opracowania Strategii Rozwoju Kolegium Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Rzeszowskiego w zakresie obszaru III. Zasoby niematerialne; powołanie od 2021 – i nadal (**zał. 7.5.**);
- opiekuna roku na kierunku Rolnictwo (studia I i II stopnia); powołanie od 01.10.2018 r. – i nadal (**zał. 7.5.**).

Byłam także współorganizatorem Międzynarodowego Sympozjum „Nauka i gospodarka dla praktyki rolniczej. Dyrektywa Azotanowa w Polsce – nowe wyzwania” (Rzeszów, 2019) (**zał. 7.5.**).

Prowadziłam zajęcia dla uczniów szkół podstawowych (klasy 1-3) pt. „Zboża na polu i w domu” w ramach Małego Uniwersytetu Rzeszowskiego (10.12.2016 r. i 25.06.2022 r.) (**zał. 7.5.**), warsztaty laboratoryjne pt. „Ziarno pod mikroskopem” (07.-08.04.2017 r.) w ramach Dni Wydziału Biologiczno-Rolniczego oraz warsztaty dla uczestników Pikniku Nauki EKSPLOKACJE (21.05.2022 r.) w Rzeszowie.

Reprezentowałam Instytut Nauk Rolniczych, Ochrony i Kształtowania Środowiska Uniwersytetu Rzeszowskiego na Dniach Pola organizowanych przez Podkarpacki Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Boguchwale, podczas których miałam możliwość konfrontacji

wiedzy naukowej (szczególnie reakcji roślin na stresu abiotyczne i biotyczne) z wiedzą praktyczną rolników z rejonu Podkarpacia (2020-2023).

6.6. Osiągnięcia popularyzujące naukę

6.6.1. Publikacje popularno-naukowe

Od 2021 r. współpracuję z Podkarpacką Izbą Rolniczą w zakresie popularyzowania wiedzy rolniczej w wydawanym przez nich magazynie Agro Podkarpacie, do którego regularnie piszę artykuły popularno-naukowe o tematyce rolniczej:

- 1) **Jańczak-Pieniążek M.**, Buczek J. 2021. Rośliny uprawne jako surowiec do produkcji zielonej energii. Agro Podkarpacie, 8, 109
- 2) Buczek J., **Jańczak-Pieniążek M.** 2021. Wartość energetyczna i nawozowa słomy. Agro Podkarpacie, 9, 110
- 3) **Jańczak-Pieniążek M.**, Buczek J. 2021. Parametry oceny jakości ziarna pszenicy. Agro Podkarpacie, 10, 111
- 4) **Jańczak-Pieniążek M.** 2021. Od czego zależy plonowanie pszenicy ozimej? Agro Podkarpacie, 11, 112
- 5) **Jańczak-Pieniążek M.** 2022. Od czego zależy plonowanie pszenicy ozimej cz. II Agro Podkarpacie, 1, 113
- 6) Buczek J., **Jańczak-Pieniążek M.** 2022. Materia organiczna gleby (cz. I). Agro Podkarpacie, 2, 114
- 7) Buczek J., **Jańczak-Pieniążek M.** 2022. Bilans glebowej materii organicznej (cz. II). Agro Podkarpacie, 3, 115
- 8) **Jańczak-Pieniążek M.**, Buczek J. 2022. Jaki wpływ mają warunki klimatyczne na rolnictwo? Agro Podkarpacie, 5, 117
- 9) **Jańczak-Pieniążek M.** 2022. Różnorodność biologiczna ekosystemów rolniczych. Agro Podkarpacie, 6, 118
- 10) **Jańczak-Pieniążek M.**, Buczek J. 2022. Rolnictwo ekologiczne jako alternatywny sposób gospodarowania. Agro Podkarpacie, 7-8, 119-120
- 11) Buczek J., **Jańczak-Pieniążek M.** 2022. Potencjał środowiskowy rolniczej przestrzeni produkcyjnej Podkarpacia. Agro Podkarpacie, 9, 121
- 12) **Jańczak-Pieniążek M.** 2022. Stare gatunki i odmiany roślin uprawnych źródłem bioróżnorodności. Agro Podkarpacie, 10, 122
- 13). **Jańczak-Pieniążek M.** 2022. Stare gatunki i odmiany roślin uprawnych źródłem bioróżnorodności cz. II. Agro Podkarpacie, 11, 123
- 14) **Jańczak-Pieniążek M.**, Buczek J. 2022. Różne systemy uprawy roli. Agro Podkarpacie, 12 124
- 15) **Jańczak-Pieniążek M.** 2023. Możliwości uprawy roślin na terenach górzystych. Agro Podkarpacie, 1, 125
- 16) Buczek J., **Jańczak-Pieniążek M.** 2023. Krótki łańcuch dostaw żywności a strategia UE „od pola do stołu”. Agro Podkarpacie, 2, 126

17) **Jańczak- Pieniążek M.**, Buczek J. 2023. Wpływ poziomu intensywności technologii produkcji na plonowanie roślin uprawnych. *Agro Podkarpacie*, 3, 127

18) Buczek J., **Jańczak-Pieniążek M.** 2023. Uprawa konserwująca. *Agro Podkarpacie*, 5, 129

6.6.2. Szkolenia

W 2023 r. przeprowadziłam cykl szkoleń dla rolników pt.: „Nowoczesna technologia uprawy ziemniaka” i „Dobre praktyki wodne”. Szkolenia zostały zrealizowane w ramach działania Transfer wiedzy i działalność informacyjna Poddziałanie 1.1. Wsparcie dla działań w zakresie kształcenia zawodowego i nabywania umiejętności, objętego Programem Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014-2020. Szkolenia były współfinansowane przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rolnego na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich (EFRROW). (zał. 7.6.).

7. Inne informacje, nie wymienione w pkt. 1-6, ważne z punktu widzenia przebiegu kariery zawodowej

7.1. Omówienie pozostałych osiągnięć publikacyjnych

Moja aktywność badawcza, poza cyklem publikacji stanowiącym osiągnięcie naukowe pt.: „Wpływ wybranych czynników abiotycznych na przebieg procesów fizjologicznych w roślinie oraz wielkość i jakość plonu ziarna wybranych gatunków zbóż”, skupiła się na następujących obszarach badawczych:

7.1.1. Oddziaływanie czynników siedliskowych i agrotechnicznych na plonowanie i jakość ziarna roślin zbożowych

Biorąc pod uwagę zmniejszanie się powierzchni upraw, ocieplanie się klimatu i związane z tym długotrwałe susze, koniecznością wydaje się utrzymanie wiodącej roli zbóż w ogólnoświatowej produkcji roślinnej. Wzrost intensywności technologii uprawy przy optymalnych dawkach nawożenia mineralnego, w szczególności azotowego, nie tylko wpływa na wysokość plonu ziarna lecz również na polepszenie jego jakości, w tym zwiększenie zawartości białka i glutenu oraz niektórych makro- i mikroelementów. Jednak stosowane w uprawie pszenicy intensywniejsze technologie produkcji, przynoszące zwykle lepsze efekty plonotwórcze i jakościowe mogą ujemnie oddziaływać na środowisko naturalne. W związku z tym, ważnym aspektem jest wybór odpowiedniej odmiany o stabilnym plonowaniu w niesprzyjających warunkach agrośrodowiskowych oraz wysokiej jakości ziarna. Badania, w których brałam udział dotyczą w znacznej mierze odmian mieszańcowych, stanowiących alternatywę dla powszechnie uprawianych odmian populacyjnych. Dotychczasowe badania dowiodły, że mieszańcowe odmiany pszenicy charakteryzują się wysokim poziomem plonowania, co wynika

z dużej zdolności adaptacyjnej i większej tolerancji na ekstensyfikację produkcji oraz zmienne warunki środowiskowe.

Przed uzyskaniem stopnia doktora byłam współautorem publikacji (**zał. 4, II.4.1.3.**) dotyczącej oceny wskaźników jakościowych ziarna wybranych odmian pszenicy mieszańcowej ('Hybred', 'Hystar' i 'Hymack') uprawianych przy dwóch poziomach intensywności technologii produkcji (średniointensywna i wysokointensywna). Ziarno odmiany 'Hybred' ocenione zostało najkorzystniej pod względem zawartości białka, glutenu i wskaźnika sedymentacji. Natomiast ziarno odmiana 'Hymack' charakteryzowało się najmniej korzystnymi wartościami parametrów jakościowych (najniższą zawartością białka i glutenu, najniższą wartością wskaźnika sedymentacji, masą 1000 ziarniaków i szklistością). W badaniach współautorskich wykazałam, że wzrost intensywności technologii produkcji wpływa na zwiększenie wartości badanych parametrów jakościowych ziarna, nie wpływając na gęstość ziarna w stanie zsypanym i zawartość popiołu. Kolejne badania, których wyniki zaprezentowane zostały w publikacji (**zał. 4, II.4.1.4.**) dotyczyły wpływu stosowania dolistnej aplikacji nawozów zawierających mikroelementy: mangan (Mn) i miedź (Cu) na plonowanie i jakość ziarna czterech odmian jęczmienia jarego ('Suweren', 'Hajduczek', 'Promyk' i 'Gawrosz'). W trzyletnich badaniach polowych wyraz ze współautorami stwierdziłam wzrost poziomu plonowania wskutek dolistnego nawożenia Cu i Mn. Odmiany 'Hajduczek', 'Promyk' i 'Gawrosz' zareagowały większym przyrostem plonu ziarna w stosunku do kontroli po zastosowaniu dolistnej aplikacji Mn niż Cu. Odmiana 'Suweren' lepiej reagowała na dolistne nawożenie Cu niż Mn. W wyniku aplikacji Cu rośliny jęczmienia jarego wykształciły większą obsadę kłosów i liczbę ziaren z kłosa, a mniejszą masę 1000 ziaren. Względna zawartość chlorofilu była wyższa u odmian nawożonych Cu niż Mn, jedynie u odmiany 'Suweren' zależność ta była odwrotna. Najwyższymi wartościami wskaźnika LAI cechowały się odmiany 'Hajduczek' i 'Gawrosz'. Stwierdziłam tendencję do wyższej zawartości białka ogólnego i popiołu surowego w ziarnie roślin nawożonych dolistnie mikroelementami, w szczególności Cu.

Badania z zakresu wpływu czynników agrotechnicznych na wzrost i rozwój roślin zbożowych oraz jakość uzyskanego plonu były podstawą przygotowania mojej pracy doktorskiej pt. „Wpływ technologii uprawy na produktywność mieszańcowych i populacyjnych odmian pszenicy ozimej”. W trzyletnim doświadczeniu polowym (od 2016/2017 do 2018/2019) czynnikami były technologie uprawy (średniointensywna i wysokointensywna) oraz odmiany pszenicy ozimej (6 odmian populacyjnych: 'Hondia', 'Belissa', 'Patras', 'RGT Kilimanjaro', 'Artist', 'Pokusa' i 6 odmian mieszańcowych: 'Hybery', 'Hyking', 'Hyvento', 'Hyfi', 'Himalaya', 'Hypocamp'). W pracy badałam wpływ tych czynników na przebieg wegetacji

i cechy morfologiczne roślin, wskaźniki architektury ładu (indeks powierzchni liści LAI i wskaźnik kąta nachylenia liści MTA), względną zawartość chlorofilu, wybrane parametry fluorescencji chlorofilu (F_v/F_0 , F_v/F_m i PI) oraz wymiany gazowej (P_N , g_s , E i C_i) w liściu flagowym, wielkość plonu oraz jakość ziarna (wyrównanie i gęstość ziarna w stanie zsypanym, zawartość białka i glutenu, wskaźnik sedymentacji, liczba opadania, szklistość ziarna oraz skład chemiczny). W badaniach wykazałam, że przebieg warunków pogodowych wywiera znaczący wpływ na większość badanych parametrów, w tym wielkość i jakość plonu odmian pszenicy ozimej. Stwierdziłam, że uprawa pszenicy w technologii wysokointensywnej powoduje wydłużenie okresu wchodzenia roślin w kolejne fazy rozwojowe, wpływa na mniejsze porażenie roślin przez choroby oraz ogranicza wyleganie roślin. Wraz ze wzrostem intensywności uprawy wzrastała również obsada kłosów, liczba i masa ziaren z kłosa, masa 1000 ziarniaków i długość kłosa, a malała wysokość roślin. Odmiany populacyjne charakteryzowały się większą obsadą kłosów, długością kłosa i liczbą ziaren z kłosa, a mieszańcowe posiadały największą masę ziaren w kłosie i masę 1000 ziarniaków oraz wykształciły najwyższe rośliny. Plon ziarna był wyższy na obiektach z technologią wysokointensywną w porównaniu do średniointensywnej. Największym potencjałem plonotwórczym charakteryzowała się odmiana mieszańcowa 'Hypocamp'. Technologia wysokointensywna sprzyjała uzyskaniu korzystniejszych wskaźników LAI, MTA, względnej zawartości chlorofilu w liściu flagowym, zwiększeniu efektywności procesu fotosyntezy i parametrów wymiany gazowej, jak też uzyskaniu ziarna o lepszych cechach jakościowych (wyższej zawartości białka i glutenu, wyższej wartości wskaźnika sedymentacji, liczby opadania i szklistości ziarna). Wyniki badań poszerzają wiedzę na temat uprawy odmian mieszańcowych pszenicy, dostarczają także cennych informacji dla praktyki rolniczej. Stwierdziłam, że odmiany mieszańcowe pszenicy ozimej można zalecać do uprawy w warunkach glebowo-klimatycznych Podkarpacia. Ze względu na wysoki potencjał plonotwórczy zalecałam do uprawy odmianę mieszańcową 'Hypocamp', a ze względu na korzystne parametry technologiczne ziarna odmiany 'Hyfi' i 'Hyking'.

Po uzyskaniu stopnia doktora byłam współautorem publikacji z zakresu wpływu technologii uprawy (średniointensywna i wysokointensywna) na parametry plonotwórcze, fizjologiczne oraz jakościowe ziarna populacyjnych i mieszańcowych odmian pszenicy ozimej (zał. 4, II.4.1.6.; II.4.1.7.). W badaniach tych wykazałam stymulujący wpływ technologii o wyższej intensywności na przebieg procesów fizjologicznych, parametry plonotwórcze oraz jakość ziarna, w tym wzrost zawartości białka i glutenu. Ważnym aspektem badań było także porównanie reakcji wybranych odmian mieszańcowych i populacyjnych pszenicy na

zastosowane technologie uprawy. Stwierdziłam, że odmiany mieszańcowe są bardziej odporne na niekorzystne warunki środowiskowe w porównaniu do odmian populacyjnych, osiągają wyższy poziom plonowania oraz dobrze reagują na zastosowane nawożenie, co jest ważną informacją dla innych badaczy oraz praktyki rolniczej. Wyniki badań prowadzone w różnych warunkach klimatycznych i agrotechnicznych są również źródłem wiedzy dla hodowców nowych odmian mieszańcowych pszenicy, które mogą pomóc im w kreacji nowych odmian dostosowanych do określonych warunków siedliska.

W kolejnej publikacji (**zał. 4, II.4.2.2.**) dotyczącej oceny plonowania i jakości ziarna mieszańcowych odmian pszenicy ('Hystar' i 'Hyfi') w zależności od poziomu intensywności uprawy (technologia nisko-, średnio- i wysokonakładowa) prowadzonych w latach 2013/2014 – 2015/2016 wykazałam, iż zwiększenie intensywności technologii uprawy powoduje wzrost plonu ziarna oraz zawartości w nim białka i glutenu, przy wyższym udziale frakcji gliadyn i glutenin oraz ich podjednostek, bez różnicowania frakcji albumin i globulin. Ziarno uzyskane w technologii wysokointensywnej cechowało się także większą zawartością P, Mg, Fe, Zn i Mn. Niedobór opadów w okresie wypełniania i dojrzewania ziarna wpłynął na obniżenie plonu ziarna oraz wzrost zawartości białka, glutenu i podjednostek glutenu (z wyjątkiem ω gliadyny). Najwyższym plonem ziarna charakteryzowała się odmiana 'Hystar', zaś odmiana 'Hyfi' lepszymi parametrami jakościowymi ziarna wynikającymi z korzystniejszego udziału białek zapasowych oraz wyższej zawartości P, Mg, Zn i Mn.

Nawożenie azotem jest uważane za kluczowy element technologii uprawy pszenicy, wpływający na wielkość i jakość plonu ziarna. Wraz z zespołem badawczym podjęłam badania, nad porównaniem efektywności nawożenia azotem ($N_{150} - 150 \text{ kg ha}^{-1}$ w trzech dawkach: 60+50+40 oraz $N_{200} - 200 \text{ kg ha}^{-1}$ w czterech dawkach: 60+80+40+20) przez odmiany mieszańcowe i populacyjne na podstawie oceny ich plonowania, parametrów jakościowych oraz składu chemicznego ziarna odmian mieszańcowych pszenicy ozimej ('Hyking', 'Hypocamp' i 'Hyvento') oraz populacyjnej ('Artist') (**zał. 4, II.4.2.3**). Na podstawie trzyletnich badań polowych (2016/2017 – 2018/2019) wykazałam, że na parametry jakościowe oraz skład mineralny i plon ziarna odmian pszenicy ozimej, silniejszy wpływ wywierały genotyp i warunki pogodowe w latach badań, a w mniejszym stopniu nawożenie azotem. Ziarno odmian mieszańcowych charakteryzowało się wyższym plonem i dobrymi parametrami jakościowymi ('Hyking', 'Hyvento') oraz większą zawartością Fe, Cu, Zn i P ('Hypocamp') w porównaniu z odmianą populacyjną ('Artist'). Wzrost dawki azotu z $150 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ do spowodował zwiększenie plonu i jakości ziarna pszenicy mieszańcowej, bez różnicowania składu mineralnego ziarna pod względem zawartości K, Ca, Mg, Zn i Mn.

Publikacja (**zał. 4, II.4.2.11.**) dotyczyła wpływu systemu uprawy (integrowany i konwencjonalny) na wydajność fotosyntetyczną, plonowanie oraz wartość technologiczną ziarna odmiany hybrydowej ('Hymalaya') i populacyjnej ('Formacja'), należących do klasy jakościowej A. Badania polowe prowadzone w latach 2016/2017 – 2018/2019 pozwoliły na wykazanie, że uprawa pszenicy w systemie konwencjonalnym powoduje uzyskanie wyższych wartości parametrów fizjologicznych (F_v/F_m , PI, P_N , E i g_s), co wpływa na sprawniejszy przebieg procesu fotosyntezy, ponadto powoduje wzrost parametrów jakości ziarna oraz sumy gliadyn i glutenin, w tym podjednostek gliadyny γ , glutenin LMW i glutenin HMW. Ziarno odmiany 'Hymalaya' charakteryzowało się wyższą zawartością Fe, Mn i Mg, korzystniejszym składem białek gluteninowych i ich stosunkiem HMW/LMW niż odmiany 'Formacja'. Ponadto, odmiana 'Hymalaya' uprawiana w systemie integrowanym plonowała na zbliżonym poziomie jak odmiana 'Formacja' w systemie konwencjonalnym. Na spadek plonu ziarna badanych odmian pszenicy, a wzrost wartości cech jakościowych oraz frakcji i podjednostek glutenu wpłynęły okresy deficytu opadów występujące w sezonie wegetacyjnym 2018/2019, w czasie dojrzewania pszenicy.

Kolejna praca (**zał. 4, II.4.2.14.**) dotyczy wpływu systemów uprawy – ekologicznego, integrowanego i konwencjonalnego na poziom plonowania oraz zawartość kwasów fenolowych w ziarnie populacyjnej odmiany 'Batuta' i odmian mieszańcowych pszenicy ozimej ('Hybred' i 'Hymack'). Trzyletnie doświadczenie polowe prowadzono w dwóch lokalizacjach (Dukla i Nowy Lubliniec). Wraz ze współautorami wykazałam, że uprawa pszenicy w systemie ekologicznym pozwala na osiągnięcie niższego plonu ziarna w porównaniu do systemu konwencjonalnego, ale skutkuje wzrostem całkowitej zawartości kwasów fenolowych w ziarnie, w szczególności kwasu ferulowego, wanilinowego i syringinowego u odmiany 'Hybred' i kwasu kawowego u odmiany 'Hymack'. Stwierdziłam również istotny wpływ warunków siedliskowych na wielkość plonu i akumulację kwasów fenolowych. Wyższy plon ziarna oraz akumulację kwasów fenolowych odnotowałam w Dukli, gdzie występowały korzystniejsze warunki glebowe. W badaniach dowiedziono również dużej roli odmian mieszańcowych w osiągnięcia stabilnego poziomu plonowania w zmiennych warunkach pogodowych.

Przeprowadzone badania są innowacyjne. Wyniki przedstawione w tym obszarze badawczym wniosły szereg ciekawych informacji na temat wpływu poziomu intensywności technologii uprawy na przebieg procesów fizjologicznych, plonowanie i jakość ziarna roślin pszenicy i jęczmienia. Wiedza ta ułatwi rolnikom dobór właściwej odmiany tych zbóż do

uprawy w konkretnej technologii produkcji oraz w różnych warunkach glebowo-klimatycznych. Mogą przekonać rolników o słuszności wyboru do uprawy odmian mieszańcowych, które pomimo wyższych kosztów materiału siewnego, pozwalają uzyskać zbliżony lub wyższy plon ziarna, o dobrej jakości.

- II.4.1.3. Buczek J., **Jańczak-Pieniążek M.**, Bobrecka-Jamro D. 2017. Ocena wskaźników jakościowych ziarna pszenicy mieszańcowej=Assessment of qualitative parameters of hybrid wheat grain. *Przegląd Zbożowo-Młynarski - Gazeta Młynarska*. 2, 22-24
- II.4.1.4. Tobiasz-Salach R., **Jańczak-Pieniążek M.**, Bobrecka-Jamro D. 2018. Assessing the impact of foliar fertilization with manganese and copper on the yield and chemical composition of spring barley. *Polish Journal of Agronomy*. 35, 59-64. doi: 10.26114/pja.iung.369.2018.35.07
- II.4.1.6. **Jańczak-Pieniążek M.**, Buczek J., Tobiasz-Salach R., Bobrecka-Jamro D. 2019. Wpływ intensywności uprawy na produktywność mieszańcowych i populacyjnych odmian pszenicy ozimej. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*. 288, 59-66. doi: 10.37317/biul-2020-0007
- II.4.1.7. **Jańczak-Pieniążek M.**, Buczek J., Bobrecka-Jamro D. 2020. Reaction of selected winter wheat cultivars to an increase in the intensity of cultivation technology. *Polish Journal of Agronomy*. 43: 3-10. doi: 10.26114/pja.iung.423.2020.43.01
- II.4.2.2. Buczek J., Jarecki W., **Jańczak-Pieniążek M.**, Bobrecka-Jamro D. 2020. Hybrid wheat yield and quality related to cultivation intensity and weather condition. *Journal of Elementology*. 25, 1, 71-83. doi: 10.5601/jelem.2019.24.2.1825
- II.4.2.3. **Jańczak-Pieniążek M.**, Buczek J., Jarecki W., Bobrecka-Jamro D. 2020. Effect of high nitrogen doses on yield, quality and chemical composition grain of winter wheat cultivars. *Journal of Elementology*. 25, 3, 1005-1017. doi: 10.5601/jelem.2020.25.1.1994
- II.4.2.11. **Jańczak-Pieniążek M.**, Buczek J., Kwiatkowski C.A., Harasim E. 2022. The course of physiological processes, yielding, and grain quality of hybrid and population wheat as affected by integrated and conventional cropping systems. *Agronomy*. 12: 1345. doi: 10.3390/agronomy12061345
- II.4.2.14. Buczek J., **Jańczak-Pieniążek M.**, Harasim E., Kwiatkowski Cezary A., Kapusta I. 2023. Effect of cropping systems and environment on phenolic acid profiles and yielding of hybrid winter wheat genotypes. *Agriculture*. 13, 4, 834. doi: 10.3390/agriculture13040834

7.1.2. Wpływ czynników środowiskowych i agrotechnicznych na plonowanie i jakość nasion roślin bobowatych grubonasiennych

Drugi nurt prowadzonych przez mnie badań dotyczył doskonalenia agrotechniki roślin bobowatych (bobiku, grochu siewnego, łubinu wąskolistnego i soi), w warunkach glebowo-klimatycznych Podkarpacia. Jest to nadal bardzo ważne zagadnienie, ponieważ w Krajowym

Planie Strategicznym, wśród ekoschematów, za realizację których rolnicy otrzymają dopłaty bezpośrednie znalazło się „Rolnictwo węglowe i zarządzanie składnikami odżywczymi”. W tym ekoschemacie jedną z zalecanych praktyk jest zwiększenie udziału roślin bobowatych w płodozmianie.

Poprzez udział w charakterze wykonawcy w projekcie finansowanym przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi pt. „Zwiększenie wykorzystania krajowego białka paszowego dla produkcji wysokiej jakości produktów zwierzęcych w warunkach zrównoważonego rozwoju”, miałam możliwość uczestniczenia w badaniach dotyczących wpływu różnych czynników agrotechnicznych m.in. gęstości siewu (soja, bobik, łubin wąskolistny i groch), zróżnicowanego nawożenia azotem i inokulacji nasion preparatami bakteryjnymi oraz systemów uprawy (soja). Efektem wykonanych badań były m.in. publikacje naukowe.

W publikacji (zał. 4, II.4.2.7.) wraz z zespołem badawczym podjęłam się oceny wpływu rozstawy rzędów (15 i 30 cm) i gęstości siewu (70, 90 i 110 szt.·m⁻²) na cechy morfologiczne roślin, brodawkowanie, procesy fizjologiczne zachodzące w roślinach, plonowanie oraz jakość nasion soi odmiany Merlin. Wykazałam, że warunki pogodowe w latach badań wywarły silniejszy wpływ na wielkość plonu nasion soi niż czynniki doświadczenia. Mniejsza rozstawa rzędów i gęstość siewu (warianty 15 cm i 70 szt.·m⁻² oraz 30 cm i 70 szt.·m⁻²) spowodowały wzrost liczby i suchej masy brodawek korzeniowych oraz parametrów fluorescencji chlorofilu (Fv/Fm, Fv/F0 i PI), liczby i masy nasion z rośliny. Większe zagęszczenie roślin na jednostce powierzchni wpływało na uzyskanie mniejszej liczby i suchej masy brodawek korzeniowych, pogorszenie parametrów fluorescencji chlorofilu, zmniejszenie liczby i masy nasion z rośliny oraz większą zawartością białka w nasionach soi. Przy zwiększonej gęstości siewu otrzymano wyższe rośliny i wyżej osadzony I strąk oraz większą wartość wskaźnika LAI. Otrzymane wyniki badań są bardzo wartościowe dla praktyki rolniczej, zwłaszcza dla rejonu Podkarpacia i uzupełniają braki w literaturze tematu. Świadczą o dużej plastyczności fenotypowej roślin soi, która jest uzależniona w znacznej mierze od czynników hydrotermicznych występujących w danym regionie uprawy. W realizowanym projekcie badania, w których czynnikami doświadczenia były rozstawa rzędów i gęstość siewu, prowadzone były również z grochem siewnym. Celem badań zawartych w publikacji (zał. 4, II.4.1.12.) było wykazanie wpływu tych czynników na przebieg procesów fizjologicznych, plonowanie i jakości nasion grochu odmiany ‘Batuta’. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdziłam, że wartości analizowanych parametrów fizjologicznych (Fv/Fm, Fv/F0 i Pi) zmniejszały się w fazach rozwojowych BBCH 59 i BBCH 69 wraz ze wzrostem gęstości siewu. Ponadto wyższe wartości omawianych wskaźników uzyskano w latach o korzystniejszych warunkach pogodowych, z większymi

sumami opadów w okresie wegetacyjnym. Większe zagęszczenie roślin na jednostce powierzchni i mniejsza rozstawa rzędów wpłynęły też na zwiększenie wartości wskaźnika LAI. Zastosowanie szerszego rozstawu rzędów i większej gęstości siewu wpłynęło na wzrost plonu nasion grochu, natomiast węższa rozstawa rzędów i mniejsze zagęszczenie roślin przyczyniły się do zwiększenia liczby strąków i nasion na roślinie. Szerszy rozstaw rzędów powodował spadek zawartości białka w nasionach, natomiast wzrost gęstości siewu z 70 do 110 szt. · m⁻² spowodował większy jego udział w nasionach.

Kolejne badania związane były z wpływem stosowania uprawy konwencjonalnej (orkowej), uproszczonej i siewu bezpośredniego na przebieg procesu fotosyntezy, plon oraz jakość nasion soi odmiany 'Merlin' (zał. 4, II.4.2.9.). Zastosowanie systemu orkowego i uproszczonego wpływało na wzrost wskaźnika powierzchni liści LAI i względnej zawartości chlorofilu oraz stymulowało przebieg procesu fotosyntezy, co powodowało wzrost wartości parametrów Fv/F0 i PI oraz P_N, g_s i E w porównaniu do systemu siewu bezpośredniego. Istotnie wyżej plonowała i charakteryzowała się wyższą zawartością białka w nasionach soja uprawiana w systemie orkowym niż siewie bezpośrednim. Zawartość tłuszczu i fosforu była istotnie wyższa w systemie bezpośredniego siewu a potasu w nasionach roślin uprawianych w systemie uproszczonym. W warunkach hydrotermicznych skrajnie suchych i suchych plon nasion soi w systemie bezpośredniego siewu był zbliżony do uprawy w systemie płuznym a istotnie wyższy niż w uprawie uproszczonej. Prowadzone badania wykazały, że w rejonach narażonych na zróżnicowane warunki hydrotermiczne w okresie wegetacji, bezorkowe systemy uprawy (system uproszczony i siewu bezpośredniego) mogą stanowić alternatywę dla uprawy konwencjonalnej (orkowej) soi.

Publikacja (zał. 4, II.4.2.15.) dotyczyła wpływu szczepienia bakteryjnego *Bradyrhizobium japonicum* (HiStick[®]Soy i Nitragina) oraz stosowania różnych dawek nawożenia mineralnego azotem (0, 30 i 60 kg N · ha⁻¹) na brodawkowanie, strukturę plonu oraz plon nasion soi (odmiana Annushka i Aldana). Wykazano, że inokulacja *B. japonicum* zwiększa brodawkowanie na korzeniach roślin i wpływa pozytywnie na strukturę plonu. Nie zaobserwowałam jednak istotnego wpływu zastosowanego preparatu bakteryjnego na plon nasion. Aplikacja 30 kg N · ha⁻¹ nie spowodowała istotnego zmniejszenia liczby i masy brodawek, w tym na korzeniach głównych i korzeniach bocznych, w porównaniu z nasionami inokulowanymi i nienawożonymi azotem, które stwierdzono przy dawce 60 kg N · ha⁻¹, ale skutkowała wzrostem liczby strąków oraz liczby i masy nasion z rośliny. Dla obu odmian soi najlepszą kombinacją było nawożenie azotem w dawce 30 kg N · ha⁻¹ i inokulacja nasion *B. japonicum*, niezależnie od zastosowanego

preparatu bakteryjnego. Biorąc pod uwagę rosnącą presję na zwiększenie produkcji żywności przy jednoczesnym minimalizowaniu wpływu na środowisko, celowe jest prowadzenie dalszych badań nad efektywnością pobierania azotu przez rośliny soi uprawiane w różnych warunkach środowiskowych i systemach uprawy. Kolejne badania były związane z oceną powyższych czynników doświadczenia na zawartość kwasów tłuszczowych w nasionach soi (**zał. 4, II.4.2.8.**). Wyniki otrzymane w badaniach potwierdzają genetyczne uwarunkowania składu kwasów tłuszczowych w nasionach soi i ich zróżnicowane poziomy akumulacji dla C16:0, C16:1, C18:1n9, C18:2, C18:3 i C20:0 oraz nasyconych, jednonienasyconych i wielonienasyconych kwasów tłuszczowych. Zwiększenie dawki nawożenia azotem z 30 do 60 kg·ha⁻¹ nie wywołało oczekiwanych zmian, co sugeruje zastosowanie dawki 30 kg·ha⁻¹. Inokulacja nasion soi *B. japonicum* preparatami HiStick[®]Soy i Nitragina jest zalecana, ponieważ powoduje obniżenie poziomu kwasów nasyconych i C16:0.

Publikacja (**zał. 4, II.4.1.8.**) dotyczy porównania plonowania soi w różnych warunkach środowiskowych. Trzyletnie badania prowadzono w trzech lokalizacjach województwa podkarpackiego: Przecławiu, Boguchwale i Nowym Lublińcu na roślinach soi odmian ‘Merlin’ i ‘Lissabon’. Istotny wpływ na badane cechy i parametry jakościowe nasion wywarły zmienne warunki pogodowe w latach badań. Odmiany ‘Merlin’ i ‘Lissabon’ nie różniły się istotnie plonem nasion. Wielkość i jakość plonu zależała od lokalizacji doświadczenia oraz warunków pogodowych w latach badań. Dowodzi to, że warunki siedliskowe w dużej mierze kształtują wielkość i jakość plonu nasion soi.

W badaniach zawartych w publikacji (**zał. 4, II.4.2.4.**) dokonano oceny wpływu stosowania inokulacji nasion szczepionką bakteryjną Nitrazon na względną zawartość chlorofilu, przewodność szparkową, brodawkowanie, strukturę plonu, plon oraz jakość nasion soi (odmiany: ‘Annushka’, ‘Lajma’, ‘Madlen’, ‘Violetta’, ‘Atlanta’ i ‘Smuglyanka’) należących do różnych grup wczesności, w warunkach polowych południowo-wschodniej Polski. Zastosowanie preparatu bakteryjnego spowodowało zwiększenie liczby i suchej masy brodawek na korzeniach, liczby strąków na roślinie oraz masy 1000 nasion. Odnotowano również wzrost względnej zawartości chlorofilu oraz wskaźnika powierzchni liści LAI. Inokulacja nasion wpłynęła również na wzrost zawartości białka w nasionach.

Badania naukowe poszerzają wiedzę na temat doskonalenia agrotechniki roślin bobowatych grubonasiennych, szczególnie soi, w warunkach glebowo-klimatycznych Polski południowo-wschodniej. Osiągnięcia wynikające z przeprowadzonych badań mają zastosowanie w praktyce, np. zalecenia agrotechniczne dla producentów soi, które dotyczą obsady roślin,

nawożenia azotem, szczepienia nasion bakteriami *Bradyrhizobium japonicum* i są one obecnie rekomendowane rolnikom na Podkarpaciu. Większość wniosków płynących z prac badawczych można rekomendować praktyce rolniczej jako bliskie proekologicznym ideom, a wypracowane rozwiązania z zakresu doskonalenia agrotechniki soi mogą mieć zastosowanie w rolnictwie integrowanym i ekologicznym. Rezultaty badań przedstawiono w publikacjach naukowych, na konferencjach naukowych, ale także bezpośrednio na szkoleniach dla rolników, służb doradczych i samorządowców związanych z rolnictwem.

- II.4.2.7. **Jańczak-Pieniążek M.**, Buczek J., Bobrecka-Jamro D., Szpunar-Krok E., Tobiasz-Salach R., Jarecki W. 2021. Morphophysiology, productivity and quality of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) cv. Merlin in response to row spacing and seeding systems. *Agronomy*. 11, 2, 403. doi: 10.3390/agronomy11020403
- II.4.1.12. Tobiasz-Salach R., **Jańczak-Pieniążek M.**, Migut D., Bobrecka-Jamro D. Stadnik B., Kačaniová M. 2022. Photosynthesis, yielding and quality of pea seeds depending on the row spacing and sowing density. *Journal of Water and Land Development. Spec. iss.*, 146-155. doi: 10.24425/jwld.2022.143730
- II.4.2.9. Buczek J., Bobrecka-Jamro D., **Jańczak-Pieniążek M.** 2022. Photosynthesis, yield and quality of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) under different soil-tillage systems. *Sustainability*. 14, 9, 4903. doi: 10.3390/su14094903
- II.4.2.15. Szpunar-Krok E., Bobrecka-Jamro D., Pikuła W., **Jańczak-Pieniążek M.** 2023. Effect of nitrogen fertilization and inoculation with *Bradyrhizobium japonicum* on nodulation and yielding of soybean. *Agronomy*, 13, 1341. doi: 10.3390/agronomy13051341
- II.4.2.8. Szpunar-Krok E., Wondołowska-Grabowska A., Bobrecka-Jamro D., **Jańczak-Pieniążek M.**, Kotecki A., Kozak M. 2021. Effect of nitrogen fertilisation and inoculation with *Bradyrhizobium japonicum* on the fatty acid profile of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) seeds. *Agronomy*. 11, 5, 941. doi: 10.3390/agronomy11050941
- II.4.1.8. Jarecki W., Bobrecka-Jamro D., **Jańczak-Pieniążek M.**, Buczek J. 2020. Yield of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) in the habitat conditions of Podkarpackie Voivodeship. *Acta Scientiarum Polonorum. Agricultura*. 19 (2), 97-105. doi: 10.37660/aspagr.2020.19.2.4
- II.4.2.4. Jarecki W., Buczek J., **Jańczak-Pieniążek M.** 2020. Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) response to commercial inoculation of *Bradyrhizobium japonicum*. *Applied Ecology and Environmental Research*. 18, 5, 6713-6724. doi: 10.15666/aer/1805_67136724.

7.1.3. Fizjologiczna odpowiedź roślin na aplikację czynników stresowych oraz stymulujących wzrost

Oprócz udziału w badaniach polowych prowadziłam również badania wazonowe w kontrolowanych warunkach. Eksperymenty te dotyczyły wpływu aplikacji różnych czynników stresowych oraz wykazujących działanie stymulujące na wzrost i rozwój roślin uprawnych:

Fizjologiczna reakcja ziemniaka na czynniki stresowe

Ziemniaki są trzecią najważniejszą uprawą na świecie po pszenicy i ryżu, będąc ważnym składnikiem diety i cennym źródłem skrobi. W praktyce rolniczej do ochrony roślin ziemniaka przed chorobami wykorzystuje się zwykle chemiczne środki ochrony roślin. Ponieważ w rolnictwie ekologicznym ich stosowanie jest zabronione, wraz z zespołem badawczym podjęłam próbę zastosowania substancji, które nie wywierają negatywnego wpływu na środowisko, a wykazują właściwości dezynfekujące i antybakteryjne. Do nich zalicza się nadtlenek wodoru (H_2O_2) i ozon (O_3). Przeprowadzono badania nad wpływem oprysku nadtlenkiem wodoru (H_2O_2) oraz fumigacji ozonem (O_3) na stan fizjologiczny roślin ziemniaka. Pomiary fizjologiczne w przypadku oprysku H_2O_2 , jak i fumigacji ozonem (O_3) przeprowadzane były czterokrotnie – pierwszego i siódmego dnia po każdym zabiegu. Badania wykonano w ramach projektu badawczego 026/RID/2018/19 pt. „Rozwój potencjału badawczego w obszarze nauk rolniczych Uniwersytetu Rzeszowskiego szansą dla gospodarki żywnościowej w ramach Programu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego „Regionalna Inicjatywa Doskonałości” (wykonawca) oraz umowy na wykonanie usługi badawczej dla firmy AGROBONUS sp. z o.o. „Określenie bezpiecznych dla roślin ziemniaka dawek nadtlenku wodoru (H_2O_2) oraz ozonu (O_3), które można będzie zastosować w innowacyjnych programach ochrony upraw ziemniaka”.

Celem badań, których wyniki zamieszczono w pracy (zał. 4, II.4.2.1.), było wykazanie wpływu dwukrotnego oprysku roślin ziemniaka różnymi stężeniami H_2O_2 (1, 3, 6, 12 i 18%) na wydajność aparatu fotosyntetycznego i jego pojemność antyoksydacyjną. Wykazano, że na stymulację procesów fizjologicznych zachodzących w liściach najkorzystniej wpłynął oprysk dolistny 1% H_2O_2 . Dalsze zwiększanie dawek H_2O_2 nasilało stres u roślin, objawiający się spadkiem względnej zawartości chlorofilu, wskaźników fotosyntetycznych, aktywności antyoksydacyjnych w liściu i świeżej masy części nadziemnych roślin ziemniaka. Pierwszego dnia po zastosowaniu oprysku obserwowałam spadek wartości badanych parametrów, natomiast w późniejszym czasie wzrosła aktywność aparatu fotosyntetycznego i aktywność

antyoksydacyjna. Powyższe badania są nowatorskie ze względu na brak podobnych doniesień w literaturze światowej. Wskazują, że oprysk dolistny 1% H₂O₂ może być brany pod uwagę w dalszych badaniach nad rozwojem metod ochrony roślin ziemniaka i w przyszłości pozwolić na opracowanie metodyki programu ochrony roślin ziemniaka dedykowanej w szczególności rolnictwu integrowanemu i ekologicznemu. Ważnym osiągnięciem jest także stwierdzenie, iż aktywność H₂O₂ może być podobna do innych znanych elicytorów abiotycznych, co może zwiększać efekt ochronny.

Celem drugiej pracy (**zał. 4, II.4.2.5.**) było określenie bezpiecznej dawki fumigacji ozonem (O₃), która mogłaby być stosowana w programach ochrony roślin ziemniaka. Podobnie jak w przypadku stosowania H₂O₂ rośliny traktowano dwukrotnie O₃ w stężeniach 5 ppm i 10 ppm oraz różnych czasach ekspozycji 2, 4, 8, 12 i 16 min i czterokrotnie prowadzono pomiary fizjologiczne (pierwszego i siódmego dnia po każdym zabiegu). W badaniach współautorskich wykazano, że silniejszy wpływ na spadek wydajności aparatu fotosyntetycznego ma czas ekspozycji O₃ niż jego stężenie, a także, że fumigacja O₃ w stężeniu 5 ppm przez 2 i 4 min oraz 10 ppm przez 2 min zwiększa efektywność fotosyntezy w liściu ziemniaka oraz aktywność antyoksydacyjną roślin. W wyniku zastosowania tych kombinacji uzyskałam najwyższe wartości parametrów wymiany gazowej (P_N, g_s i E), względnej zawartości i fluorescencji chlorofilu (Fv/Fm, Fv/F0 i PI) oraz największą aktywność antyoksydacyjną (ABTS⁺⁺ i DPPH^{*}). Uzyskane wyniki stanowią źródło nowej wiedzy na temat reakcji roślin ziemniaka na fumigację (O₃). Dowodzi to, że po zweryfikowaniu powyższych badań w warunkach polowych, dawki te mogłyby być brane pod uwagę w dalszych badaniach nad potencjałem wykorzystania ozonu (O₃) w programie ochrony ziemniaków, dedykowanych szczególnie rolnictwu zrównoważonemu i ekologicznemu.

II.4.2.1. Szpunar-Krok E., **Jańczak-Pieniążek M.**, Skrobacz K., Bobrecka-Jamro D., Balawejder M. 2020. Response of potato (*Solanum tuberosum* L.) plants to spraying by hydrogen peroxide. Sustainability. 12, 6, 2469. doi: 10.3390/su12062469

II.4.2.5. Szpunar-Krok E., **Jańczak-Pieniążek M.**, Migut D., Skrobacz K., Piechowiak T., Pawlak R., Balawejder M. 2020. Physiological and biochemical properties of potato (*Solanum tuberosum* L.) in response to ozone-induced oxidative stress. Agronomy. 10, 11, 1745. doi: 10.3390/agronomy10111745

Reakcja roślin na biostymulujące działanie kwercetyny

Brałam udział w pracach dotyczących wpływu stosowania oprysku pochodnymi kwercetyny (kwercetyna potasu i kwercetyna miedzi) na przebieg procesów fizjologicznych i biochemicznych zachodzących u wybranych gatunków roślin uprawnych. Opis działania tego flawonoidu przedstawiony został w pkt. 4.3.2. (publikacje **P1 i P2**). W kolejnych badaniach wraz z zespołem badałam wpływ aplikacji roztworów kwercetyny na stan fizjologiczny roślin pszenicy (**zał. 4, II.4.1.13.**), kukurydzy (**zał. 4, II.4.2.6.**) oraz trawy energetycznej – palczatki Gerarda (**zał. 4, II.4.1.15.**).

W przypadku siewek pszenicy wywołano stres suszy, który stanowi globalny problem w uprawie roślin i przyczynia się do redukcji ich produktywności (**zał. 4, II.4.1.13**). Celem badań było określenie wpływu oprysku roztworami kwercetyny miedzi (0,01%, 0,05% i 0,1%) siewek pszenicy rosnących w warunkach stresu suszy (30% maksymalnej pojemności wodnej) na względną zawartość chlorofilu i efektywność aparatu fotosyntetycznego. Wraz z zespołem stwierdziłam, że stres suszy ma negatywny wpływ na proces fotosyntezy. Za nowatorskie uznaję wykazanie, że oprysk pochodną kwercetyny miedzi powoduje łagodzenie tego stresu, na co wskazują: wzrost względnej zawartości chlorofilu, wartości wskaźników P_I , P_N i aktywności enzymu katalazy (CAT). Najkorzystniej na rośliny poddane stresowi suszy wpływało stężenie pochodnej kwercetyny 0,1%.

Kolejne badania, z zastosowaniem oprysku roztworami kwercetyny potasu, były prowadzone na siewkach kukurydzy (**zał. 4, II.4.2.6.**), a ich celem była ocena wpływu roztworu tego flawonoidu w różnych stężeniach (0,5%, 1,0%, 3,0% i 5,0%) na wydajność aparatu fotosyntetycznego i właściwości biochemiczne kukurydzy. Spośród badanych wariantów najbardziej stymulujący wpływ na przebieg procesów fizjologicznych (parametry: P_N , g_s , C_i , F_v/F_m , F_v/F_0 , P_I) w liściach kukurydzy miały 3,0% i 5,0% roztwory pochodnej kwercetyny potasu. Najwyższą całkowitą zdolność antyoksydacyjną oraz całkowitą zawartość polifenoli stwierdzono u roślin opryskanych roztworem kwercetyny o najwyższym stężeniu (5,0%). Uczestniczyłam także w badaniach dotyczących efektu stosowania oprysku roztworami kwercetyny na stan fizjologiczny roślin palczatki Gerarda (**zał. 4, II.4.1.15.**). Celem badań była ocena wpływu aplikacji roztworów kwercetyny (1%, 3% i 5%) na wydajność aparatu fotosyntetycznego palczatki rosnącej w warunkach stresu solnego. Najbardziej stymulujący wpływ na przebieg procesów fizjologicznych miało zastosowanie roztworów o stężeniu 3% i 5%. Odnotowany został wzrost wartości wskaźników P_N , E , g_s , F_v/F_m , F_v/F_0 i P_I oraz spadek wartości C_i .

Powyższe badania wykazały pozytywny wpływ dolistnej aplikacji kwercetyny potasu i miedzi na przebieg procesu fotosyntezy, co przejawiało się uzyskaniem wyższych wartości parametrów fluorescencji chlorofilu, wymiany gazowej (za wyjątkiem Ci), a także większej aktywności antyoksydacyjnej. Kwercetyna stosowana dolistnie na rośliny w fazie siewki może być uznawana za skuteczny i przyjazny dla środowiska sposób ograniczania niekorzystnego wpływu stresów abiotycznych, w tym suszy i zasolenia gleby na wzrost i rozwój roślin uprawnych. Zabieg ten może wpływać na łagodzenie skutków tych stresów abiotycznych i prowadzić do zwiększenia stabilności plonowania roślin.

II.4.1.13. **Jańczak-Pieniążek M.**, Migut D., Piechowiak T. 2022. The effect of exogenous copper-quercetin complex on wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings growth under drought stress. *Chemistry Proceedings*. 10, 1, 18. doi: 10.3390/IOCAG2022-12209

II.4.2.6. Migut D., **Jańczak-Pieniążek M.**, Piechowiak T., Buczek J., Balawejder M. 2021. Physiological response of maize plants (*Zea mays* L.) to the use of the potassium quercetin derivative. *International Journal of Molecular Sciences*. 22, 14, 7384. doi: 10.3390/ijms22147384

II.4.1.15. Migut D., **Jańczak-Pieniążek M.**, Piechowiak T., Skrobacz K. 2022. Effect of exogenous application of an aqueous quercetin solution on the physiological properties of *Andropogon gerardi* plants. *Chemistry Proceedings*. 10, 23. doi: 10.3390/IOCAG2022-12341

7.1.4. Możliwości rolniczego zagospodarowania materiałów odpadowych i ich wpływ na właściwości gleb oraz wzrost i rozwój roślin

Osady ściekowe

Osady ściekowe powstające w procesie oczyszczania ścieków są materiałem odpadowym i stanowią poważną uciążliwość dla środowiska. Ze względu na swoje specyficzne właściwości, zagospodarowanie osadów ściekowych stanowi problem również w Polsce. Pomimo skuteczności ozonu w sanityzacji i redukcji objętości osadów ściekowych oraz w poprawie wielu jego parametrów, wciąż niewiele wiadomo na temat wykorzystania ozonowanych osadów ściekowych do celów rolniczych, np. nawożenia roślin uprawnych. W pracy (zał. 4, II.4.2.10.) wraz z zespołem analizowałam wpływ stabilizowanego ozonem osadu ściekowego wprowadzonego do gleby, na plony suchej masy części nadziemnych kukurydzy, względną zawartość chlorofilu, parametry fluorescencji chlorofilu i wymiany gazowej, ponadto zawartość makro- i mikroelementów oraz toksycznych metali ciężkich w nadziemnej biomase kukurydzy. Wykazałam, że stabilizowany ozonem osad ściekowy miał pozytywny wpływ na wszystkie parametry kukurydzy w początkowej fazie jej wzrostu.

W porównaniu do kontroli, rośliny nawożone tego typu osadem charakteryzowały się o 50% wyższym plonem biomasy nadziemnej oraz o ponad 80% wyższą względną zawartością chlorofilu. Ponadto, zawartość większości makro- i mikroelementów w biomacie nadziemnej była na ogół wyższa w roślinach nawożonych osadem ozonowanym. W roślinach nawożonych ozonowanym osadem ściekowym efektywność fotosyntezy była wyższa, o czym świadczą wyższe wartości parametrów fluorescencji chlorofilu (Fv/Fm, Fv/F0 i PI) i wymiany gazowej (P_N, g_s i E). Rośliny nawożone ozonowanym osadem ściekowym kumulowały więcej Pb i Cd, jednak metale te nie wywierały szkodliwego wpływu na rośliny, o czym świadczy wielkość plonu i wartości parametrów fizjologicznych. Uzyskane wyniki stanowią wkład w rozwój nauki, bowiem w literaturze światowej niewiele jest doniesień na temat wykorzystania osadów ściekowych po procesie ozonowania. Wyniki badań mają także znaczenie praktyczne i wskazują, że ozonowane osady ściekowe mogą być zagospodarowane w produkcji roślinnej i wykorzystywane do nawożenia roślin rolniczych, ponieważ poprawiają wykorzystanie składników odżywczych. Poprawa biodostępności składników pokarmowych jest związana z indukowaną ozonowaniem wstępną degradacją materii organicznej i uwalnianiem zdeponowanych składników pokarmowych dla roślin.

II.4.2.10. Szostek M., Kosowski P., Szpunar-Krok E., **Jańczak-Pieniążek M.**, Matłok N., Skrobacz K., Pieniążek R., Balawejder M. 2022. The usefulness of ozone-stabilized municipal sewage sludge for fertilization of maize (*Zea mays* L.). Agriculture. 12, 3, 387. doi: 10.3390/agriculture12030387

Popioły ze spalania biomasy

Spalanie biomasy prowadzi do produkcji popiołów. Zgodnie z Dyrektywą UE 2008/98/WE popioły zaliczane są do odpadów stałych, stąd blisko 70% ich ilości trafia na składowiska. Z punktu widzenia zrównoważonego rozwoju najbardziej korzystnym podejściem do unieszkodliwiania popiołów z biomasy jest ich powrót do gleby. Popioły ze spalania biomasy zawierają makro- i mikroelementy, które mogą być wykorzystane w uprawie roślin. Istotne jest zatem opracowanie sposobu racjonalnego i bezpiecznego wykorzystania tego typu odpadów. Korzystnym sposobem zagospodarowania popiołów lotnych ze spalania biomasy jest wykorzystanie jako mineralnego środka poprawiającego właściwości gleby. Celem badań, w których brałam udział (**zał. 4, II.4.2.13.**) było wykazanie wpływu krótkookresowego wprowadzenia do gleby popiołu ze spalania biomasy, na właściwości gleby oraz akumulację makroelementów i pierwiastków śladowych w roślinie. W przeprowadzonym doświadczeniu lizymetrycznym wykazano pozytywny wpływ stosowania popiołu ze spalania biomasy na

wzrost i rozwój roślin rzepaku jarego oraz poprawę właściwości fizykochemicznych gleby. Skuteczność zastosowania popiołu jako środka poprawiającego właściwości gleby była porównywalna z tradycyjnym nawożeniem NPK. Wykorzystanie składników odżywczych zawartych w popiołach jest zgodne z zasadami gospodarki o obiegu zamkniętym i w pełni uzasadnione. Oprócz dostarczenia roślinom prawie wszystkich niezbędnych składników pokarmowych, krótkotrwale stosowanie popiołów pozytywnie zmienia właściwości fizykochemiczne i chemiczne gleb. Uzyskane wyniki stanowią przyczynek do rozwoju nauki, mają także znaczenie praktyczne. Badania wykazały, że dogłębne stosowanie tego odpadu może w wielu aspektach przyczynić się do utrzymania żyzności i produktywności gleb rolniczych, nie powodując przy tym istotnych zmian zawartości pierwiastków śladowych w roślinie. Ponieważ stosowanie popiołów ze spalania biomasy może zwiększać kumulację w glebie substancji alkalicznych, zwłaszcza Ca, K, Na, powodując tym samym nadmierną alkalizację i zasolenie, ponadto istnieje ryzyko, że ich wprowadzanie do gleby, zwłaszcza w wyższych dawkach, może zwiększyć akumulację pierwiastków śladowych w roślinach. Aby uniknąć poważnych problemów środowiskowych aspekty te powinny być ściśle monitorowane.

II.4.2.13. Szostek M., Szpunar-Krok E., **Jańczak-Pieniążek M.**, Ilek A. 2023. Short-term effect of fly ash from biomass combustion on spring rape plants growth, nutrient, and trace elements accumulation, and soil properties. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 20, 455.

7.2. Współpraca międzynarodowa

Jestem pomysłodawcą i inicjatorem badań dotyczących oceny wydajności agronomicznej odmian i rodów pszenjęczmienia (*Triticordeum*) w warunkach polowych. W tym celu nawiązałam kontakt z hiszpańską firmą hodowlaną Vivagran S. L. z siedzibą w Barcelonie i sprowadziłam materiał siewny pszenjęczmienia (3 odmiany i 5 rodów). Podpisana została umowa, która dotyczy realizacji badań z udziałem tego gatunku (**zał. 7.7.**). Jesienią 2022 r. założone zostało trzyletnie doświadczenie polowe, które realizowane jest wraz zespołem badawczym na poletkach doświadczalnych Podkarpackiego Ośrodka Doradztwa Rolniczego w Boguchwale. Zakres wykonywanych badań dotyczy oceny wartości parametrów fizjologicznych, plonowania oraz wartości technologicznej otrzymanego ziarna pszenjęczmienia w warunkach glebowo-klimatycznych południowo-wschodniej Polski. Efektem współpracy będą publikacje naukowe.

7.3. Członkostwo w towarzystwach naukowych

Od 2017 r. jestem członkiem Polskiego Towarzystwa Agronomicznego oddział w Rzeszowie. Od 2020 r. pełnię funkcję sekretarza Oddziału PTA w Rzeszowie (kadencja 2020-2024) (zał. 7.8.).

7.4. Wykaz członkostwa w komitetach redakcyjnych czasopism wraz z informacją o pełnionych funkcjach

Jestem Guest Editor w czasopiśmie Antioxidants (IF=7,000, 140 pkt MEiN), w zeszycie specjalnym "The role of biostimulants in alleviating oxidative stress in crop plants". Tematyką tego numeru specjalnego jest rola stosowania biostymulatorów w uprawie roślin, które w trakcie swojego wzrostu i rozwoju narażone są na działanie stresów biotycznych i abiotycznych (zał. 7.9.).

7.5. Recenzje prac naukowych

Wykonałam 34 recenzje publikacji w czasopismach o zasięgu międzynarodowym: Agronomy (8), Agriculture (5), Sustainability (5), Horticulturae (3), Applied Sciences (1), Antioxidants (1), International Journal of Molecular Sciences (3), Life (1), Nutrients (1) (zał. 7.9.), Journal of Soil Science and Plant Nutrition (2), Acta Physiologiae Plantarum (1), Annals of Applied Biology (1), Plos One (1), Photosynthetica (1). Wykaz wykonanych recenzji został zamieszczony w zał. 4, II.13.

7.6. Udział w komitetach naukowych i organizacyjnych konferencji

7.6.1. Wykaz udziałów w komitetach naukowych konferencji krajowych

Byłam członkiem komitetu naukowego 1 konferencji (zał. 7.5.):

- Krajowa Konferencja Naukowa „Człowiek-Żywność-Środowisko”, w ramach realizacji projektu Regionalna Inicjatywa Doskonałości. Rzeszów, 15.10.2021 r. Organizator: Uniwersytet Rzeszowski, Kolegium Nauk Przyrodniczych

7.6.2. Wykaz udziałów w komitetach organizacyjnych konferencji krajowych

Byłam członkiem komitetu organizacyjnego 2 konferencji:

1. VII Konferencja Naukowa Polskiego Towarzystwa Agronomicznego Oddział w Rzeszowie pn. „Bioróżnorodność – nowe wyzwania dla rolnictwa w Polsce”, Rzeszów 11-13.09.2017 r. Patronat honorowy nad VII Konferencją PTA objął Minister Rolnictwa

i Rozwoju Wsi, Wojewoda Podkarpacki, Marszałek Województwa Podkarpackiego i Rektor Uniwersytetu Rzeszowskiego (zał. 7.8.).

2. Międzynarodowe Sympozjum „Nauka i gospodarka dla praktyki rolniczej. Dyrektywa Azotanowa w Polsce – nowe wyzwania”. Rzeszów, 18.02.2019 r. Organizator: Uniwersytet Rzeszowski, Wydział Biologiczno-Rolniczy, Katedra Produkcji Roślinnej i Ośrodek Badawczo Rozwojowy Twardawa Science Practice Innovations Compilations in Agriculture w Twardawie (zał. 7.5.).

7.7. Informacje o współpracy z sektorem gospodarczym

- Jestem inicjatorem nawiązania współpracy naukowej z firmą hodowlaną Vivagran S.L. nr identyfikacyjny NIF B71419717 (z siedzibą Calle Calabria 35, SA2, 08015, Barcelona, Hiszpania) w zakresie testowania i oceny odmian pszenjęczmienia (*Tritordeum*) w warunkach glebowo-klimatycznych Podkarpacia. W umowie o współpracy (Umowa Współpracy z dnia 28.11.2022), po stronie Uniwersytetu Rzeszowskiego zostałam wskazana jako lider/kierownik zadania (zał.7.7.). Efektem współpracy jest prowadzenie doświadczeń polowych od 2022 r., a w przypadku dobrego przezimowania zboża w sezonie 2022/2023, kontynuacja badań polowych do 2024/2025.
- Efektem współpracy z firmą Urtica Technologies sp. z o.o. (z siedzibą ul. Stanisława Lema 4A/1, 80-126 Gdańsk, NIP: 583-34-40-607) było wykonanie na zlecenie firmy doświadczenia laboratoryjnego i ekspertyzy naukowej pt. „Ocena parametrów kiełkowania nasion i początkowego tempa wzrostu roślin uprawnych (pszenica ozima, rzepak ozimy, groch siewny i kukurydza) w warunkach laboratoryjnych” (2022 r.). Podmiotem zamawiającym była firma Urtica Technologies sp. z o.o., przez spółkę celową Uniwersytetu Rzeszowskiego InventUR Sp. z o.o. z siedzibą w Rzeszowie, NIP: 813-37-76-809 (zał. 7.2.; 7.10). Ponadto, efektem dobrej współpracy było złożenie przez firmę Urtica Technologies Sp. z o.o. wspólnego grantu NCBiR, NUTRITECH.I-002Y/22 pn. “Innowacyjne biostymulatory roślin oparte o naturalne ekstrakty botaniczne poprawiające plonowanie, jako środki zmniejszające ekologiczną presję rolnictwa oraz polepszające jakość żywności” (zał. 7.11.). Zakres współpracy został określony w Umowie warunkowej o współpracy z dnia 09.12.2022 pomiędzy spółką Urtica Technologies Sp. z o.o. a Inventur Sp z o.o. – spółką celową Uniwersytetu Rzeszowskiego.
- Efektem współpracy z firmą OGET Innovations GmbH (z siedzibą Europapark 1, AT8412 Allerheiligen bei Wildon, Austria) w zakresie wspólnych prac naukowo-badawczych nad

efektywnością stosowania innowacyjnych biostymulatorów w uprawie roślin był udział (wykonawca) w prowadzeniu doświadczenia polowego (2016-2019), a wyniki opublikowano w czasopiśmie z listy JCR (**P6**).

- Efektem współpracy z firmą AGROBONUS sp. z o.o. (z siedzibą w Korzenica 20b, 37-543 Laszki) był udział (wykonawca) w prowadzeniu doświadczenia lizymetrycznego mającego na celu ocenę wpływu nawożenia zróżnicowanymi dawkami popiołu ze spalania biomasy na rozwój rzepaku jarego. Przeprowadzone badania zaowocowały ukazaniem się publikacji naukowej w czasopiśmie z listy JCR (**zał. 4, II.4.2.13**). Wyniki badań z popiołami były uwzględnione przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi przy wydawaniu decyzji o wprowadzeniu popiołów ze spalania biomasy do obrotu jako „mineralnego środka poprawiającego właściwości gleby pn. AGROPOTAFOSKA” (Decyzja MR i RW Nr G-1311/23 z dn. 01.03.2023) (**zał. 7.10.**).
- Od początku pracy na Uniwersytecie Rzeszowskim współpracuję ściśle z Podkarpackim Ośrodkiem Doradztwa Rolniczego w Boguchwale oraz Stacją Doświadczalną Oceny Odmian w Przecławiu w zakresie prac naukowo-badawczych i dydaktyczno-szkoleniowych.

7.8. Udział w pracach zespołów badawczych realizujących projekty finansowane w drodze konkursów

7.8.1. Projekty zrealizowane

- W latach 2017 – 2020 brałam udział (wykonawca) w grantie MRiRW, Program Wieloletni 2016-2020, pn. „Zwiększenie wykorzystania krajowego białka paszowego dla produkcji wysokiej jakości produktów zwierzęcych w warunkach zrównoważonego rozwoju”, 2016-2019 (budżet projektu dla UR łącznie 543 000 zł); Zadanie 3.3.5 „Rozmieszczenie roślin w łanie a rozwój, plonowanie i jakość nasion strączkowych w rejonie podkarpackim” (budżet dla UR 145 000 zł). W ramach projektu brałam udział w badaniach polowych i opracowaniu wyników dotyczących przebiegu wegetacji roślin bobowatych grubonasiennych, obsady roślin po wschodach i przed zbiorem, cech biometrycznych, wskaźników fizjologicznych i architektury łanu, oceny wielkości i jakości plonu nasion oraz efektów ekonomicznych.) (**zał. 7.11.**);
- W latach 2020-2023 brałam udział (wykonawca) w projekcie pt.: „Rozwój potencjału badawczego w obszarze nauk rolniczych Uniwersytetu Rzeszowskiego szansą dla gospodarki żywnościowej” realizowanym w ramach programu „Regionalna Inicjatywa Doskonałości”, który był finansowany przez Ministerstwo Edukacji i Nauki. Byłam

członkiem zespołów badawczych, które brały udział w następujących zadaniach badawczych:

- ✓ Ocena porównawcza wartości wypiekowej mieszańcowych i populacyjnych odmian pszenicy (2020 r.)
- ✓ Innowacyjne metody ochrony ziemniaka (*Solanum tuberosum* L.) w kontekście możliwości ich zastosowania w rolnictwie ekologicznym i integrowanym (2020 r.)
- ✓ Wpływ nawożenia doglebowego i dolistnego na wielkość plonu i jakość nasion roślin bobowatych grubonasiennych (2021 r.)
- ✓ Ocena produktywności i jakości surowców roślinnych o istotnym znaczeniu gospodarczym (2021 r.)
- ✓ Optymalizacja agrotechniki wybranych roślin uprawnych w zależności od warunków środowiska (2021 r.)
- ✓ Poprawa właściwości prozdrowotnych kwasu chlebowego wytwarzanego z żyta krzycy (2022 r.).

7.8.2. Złożone projekty naukowe, w trakcie oceny

- Grant NCN Miniatura (2023/07/X/NZ9/00415, ID: 588438) pt. „Ocena reakcji pszenżyta tetraploidalnego na stres oksydacyjny spowodowany działaniem metali ciężkich” (kierownik) – projekt w trakcie oceny merytorycznej

7.8.3. Złożone projekty naukowe, które nie otrzymały dofinansowania

- Wniosek do Podkarpackiego Centrum Innowacji (PCI), Program Grantowy, Nabór III, Nr konkursu 1/2021 (N3_579) pt. „Opracowanie technologii produkcji dietetycznych żytnich wyrobów ciastkarskich o zwiększonej wartości odżywczej” (kierownik) – niezakwalifikowany do finansowania (2021 r.);
- Wraz z zespołem ubiegałam się o dofinansowanie w Programie Współpraca ARiMR, nr DDD.6509.00259.2022.09 pt. „Agro-robot - Zastosowanie innowacyjnej metody odchwaszczania roślin warzywnych i jagodowych o zwiększonej jakości konsumpcyjnej” (wykonawca). Projekt uzyskał ocenę pozytywną, ale nie będzie realizowany ze względu na zbyt niski poziom dofinansowania ze strony ARiMR (2022 r.);
- Grant NCN Miniatura 6 (2022/06/X/NZ9/01453, ID: 564279) pt. „Ocena reakcji starych genotypów żyta na stres oksydacyjny spowodowany działaniem metali ciężkich” (kierownik) – niezakwalifikowany do finansowania (2022 r.);

- Grant NCBiR (NUTRITECH.I-002Y/22) pt. „Innowacyjne biostymulatory roślin oparte o naturalne ekstrakty botaniczne poprawiające plonowanie jako środki zmniejszające ekologiczną presję rolnictwa oraz polepszające jakość żywności” złożony przez firmę Urtica Technologies Sp. z o.o. (**zał. 7.11.**). W projekcie zapisane są zadania badawcze planowane dla UR (wykonawca). Zakres współpracy został określony w Umowie warunkowej o współpracy pomiędzy spółką Urtica Technologies Sp. z o.o. a Inventur Sp z o.o. – spółką celową Uniwersytetu Rzeszowskiego, z dnia 09.12.2022 r. Wniosek po II ocenie merytorycznej nie został zakwalifikowany do finansowania (2023 r.).

7.9. Zestawienie dorobku w zakresie osiągnięć naukowo-badawczych

Mój dorobek naukowy obejmuje łącznie 43 prace:

- 38 oryginalnych prac twórczych (32 po uzyskaniu stopnia naukowego doktora) (**zał. 4, Tab. 1**)
- 5 rozdziałów w monografiach (2 po uzyskaniu stopnia naukowego doktora)

Sumaryczny Impact Factor moich prac wynosi 86,370, a liczba punktów według wykazu MEiN wynosi 2704 (w tym 2605 po uzyskaniu stopnia doktora). W 20 pracach jestem pierwszym i/lub korespondencyjnym autorem, zaś 1 publikacja z IF jest samodzielna.

7.9.1. Dorobek naukowy przed uzyskaniem stopnia doktora

Mój dorobek publikacyjny przed uzyskaniem stopnia doktora obejmuje 9 pozycji, w tym 6 prac twórczych i 3 rozdziały w monografiach. Uczestniczyłam w 7 krajowych i 2 międzynarodowych konferencjach w których prezentowałam 10 posterów i wygłosiłam 2 referaty z zakresu moich badań naukowych (**zał. 4, II.7.**).

7.9.2. Dorobek naukowy po uzyskaniu stopnia doktora

Po uzyskaniu stopnia doktora mój dorobek publikacyjny powiększył się o 34 pozycje. Opublikowałam 32 oryginalne prace twórcze, w tym 23 w czasopiśmie posiadających Impact Factor, co stanowi 72% wszystkich prac twórczych. Byłam także współautorem 2 rozdziałów w monografiach naukowych. Aktywnie uczestniczyłam w 8 konferencjach naukowych, w tym 3 międzynarodowych i 5 krajowych, podczas których wygłosiłam 5 referatów, przedstawiłam 8 posterów i byłam współautorem 2 komunikatów dotyczących prowadzonych przeze mnie badań naukowych (**zał. 4, II.7.**). Ponadto byłam członkiem komitetu naukowego konferencji (**zał. 4, II.8.**).

Zestawienie publikacji przedstawione zostało w tabeli 1, natomiast zestawienie liczby cytowań i indeksu Hirscha w tabeli 2 .

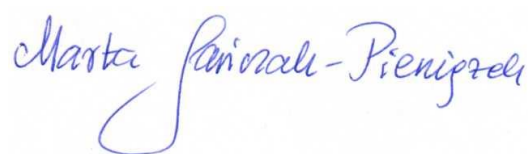
Tabela 1. Zestawienie liczbowe dorobku naukowego przed i po uzyskaniu stopnia doktora.

Wyszczególnienie	Liczba publikacji	Punkty wg MEiN	Impact Factor
Przed uzyskaniem stopnia doktora			
Rozdziały w monografiach	3	45	-
Publikacje bez IF	6	54	-
Publikacje z IF	0	0	0
Po uzyskaniu stopnia doktora			
Rozdziały w monografiach	2	40	-
Publikacje bez IF	9	185	-
Publikacje z IF	23	2380	86,370
Łączny dorobek naukowy	43	2704	86,370
Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego	8	1000	36,519

Tabela 2. Zestawienie liczby cytowań i indeksu Hirscha.

Liczba cytowań (bez autocytowań) według bazy Web of Science Core Collection	46
Liczba cytowań z autocytowaniami według bazy Web of Science Core Collection	61
Liczba cytowań (bez autocytowań) według bazy Scopus	66
Liczba cytowań z autocytowaniami według bazy Scopus	84
Liczba cytowań według bazy Google Scholar	124
Indeks Hirscha według bazy Web of Science	5
Indeks Hirscha według bazy Scopus	5
Indeks Hirscha według bazy Google Scholar	7

Stan na dzień 11.08.2023 r.



(podpis wnioskodawcy)