Instytut Uprawy
Nawożenia i Gleboznawstwa
Państwowy Instytut Badawczy

HR EXCELLENCE IN RESEARCH

AUTOREFERAT

w postępowaniu habilitacyjnym
w dziedzinie nauk rolniczych, dyscyplinie agronomia

Dr inż. Krzysztof Jończyk

Zakład Systemów i Ekonomiki Produkcji Roślinnej
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa –
Państwowy Instytut Badawczy

Puławy, 2019 r.

1. Imię i nazwisko

Krzysztof Jończyk
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa –
Państwowy Instytut Badawczy w Puławach
Zakład Systemów i Ekonomiki Produkcji Roślinnej
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy

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

Magister inżynier, Akademia Rolnicza w Krakowie, Wydział Rolniczy, 1987. Praca dyplomowa wykonana w Katedrze Mikrobiologii Rolniczej pod kierunkiem dr Małgorzaty Czachor na temat: *„Wp*ływ stosowania mineralnych nawozów NPK na występowanie grzybów toksynotwórczych".

Doktor nauk rolniczych w zakresie agronomii, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach, Zakład Systemów i Ekonomiki Produkcji Roślinnej, 1996. Rozprawa pt.„Oddziaływanie siedmiu czynników agrotechnicznych na plonowanie pszenicy ozimej w doświadczeniach z replikacją połówkową".

promotor: Prof. dr hab. Jan Kuś

recenzenci: Prof. dr hab. Leszek Malicki
Prof. dr hab. Franciszek Rudnicki

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

- 1989-1996, asystent, Zakład Płodozmianów, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach;
- 1996 – 2008, adiunkt, Zakład Systemów i Ekonomiki Produkcji Roślinnej, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach;
- 2009-2013, kierownik Zakładu Systemów i Ekonomiki Produkcji Roślinnej, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach;
- 2014 – obecnie adiunkt, Zakład Systemów i Ekonomiki Produkcji Roślinnej, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach.

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

a) Tytuł osiągnięcia naukowego

Osiągniecie będące podstawą do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego stanowi cykl dwunastu publikacji pod wspólnym tytułem:

Tytuł osiągnięcia naukowego:

„Produkcyjność i jakość pszenicy ozimej uprawianej w ekologicznym systemie produkcji roślinnej”

b) Wykaz autorskich publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe

Jako podstawę osiągnięcia naukowego wybrałem cykl dwunastu jednotematycznych, oryginalnych publikacji naukowych, których sumaryczny Impact Factor według roku publikacji wynosi **2,209** a liczba punktów wg wykazu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (MNiSW) wynosi **118** (zgodnie z rokiem publikacji).

I.2.1. **Jończyk K. (90%)**, Kawalec A. 2001. Wstępna ocena przydatności wybranych odmian pszenicy ozimej do uprawy w różnych systemach produkcji roślinnej. Biul. IHAR, 220: 35-43.

3 pkt *(lista czasopism KBN Zespół PO6)*

I.2.2**. Jończyk K.** 2002. Reakcja wybranych odmian pszenicy ozimej na uprawę w różnych systemach produkcji roślinnej. Pamiętnik Puławski, 130/I: 339-346.

2 pkt *(lista czasopism KBN Zespół PO6)*

I.2.3. **Jończyk K.(80%),** Stalenga J. 2016: Yielding of new quality varieties of winter wheat cultivated in organic farming. Journal of Research and Application in Agricultural Engineering, 61(3): 200-205.

12 pkt MNiSW *(wg. 2016)*

I.2.4. Kuś J., **Jończyk K.(30%),** Stalenga J., Feledyn-Szewczyk B., Mróz A. 2010. Plonowanie wybranych odmian pszenicy ozimej w uprawie ekologicznej i konwencjonalnej. Journal of Research and Application in Agricultural Engineering, vol. 55 (3): 219-223.

6 pkt MNiSW *(wg..2010)*

I.2.5. Feledyn-Szewczyk B., **Jończyk K.(40%),** Stalenga J. 2018: Assessment of the usefulness of new winter wheat varieties (*Triticum aestivum* L.) for cultivation in organic farming. Journal of Research and Application in Agricultural Engineering, vol. 63 (2): 43-49.

12 pkt MNiSW *(wg..2016)*

I.2.6. **Jończyk K.(80%),** Solarska E. 2004. Zdrowotność pszenicy ozimej uprawianej w ekologicznym i konwencjonalnym systemie produkcji roślinnej. Progress in Plant Protection, Vol.44, Nr 2: 772-775.

4 pkt MNiSW *(lista czasopism KBN Zespół PO6)*

I.2.7. Kuś J**., Jończyk K.(40%),** Kawalec A. 2007. Czynniki ograniczające plonowanie pszenicy ozimej w różnych systemach gospodarowania. Acta Agrophysica, 10(2): 407-417.

4 pkt MNiSW *(wg.2010)*

I.2.8. Kuś J., Mróz A., **Jończyk K.(30%),** 2006. Nasilenie chorób grzybowych wybranych odmian pszenicy ozimej w uprawie ekologicznej. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, Poznań, Vol.51 (2): 8 – 93.

6 pkt MNiSW *(wg. 2006)*

I.2.9. Feledyn-Szewczyk B., **Jończyk K. (40%),** Berbeć A. 2013.The morphological features and canopy parameters as factors affecting the competition between winter wheat varieties and weeds. J. Plant Protection Research, vol. 53, No 3: 203-209.

10 pkt MNiSW *(wg..2013)*

I.2.10. Cacak – Pietrzak G., Ceglińska A., **Jończyk K.(40%).** 2014. Wartość wypiekowa mąki z ziarna odmian pszenicy uprawianych w ekologicznym systemie produkcji. Zesz. Prob. Nauk Roln., nr 576: 23-32.

9 pkt MNiSW *(wg. .2014)*

I.2.11. Zuchowski J., **Jonczyk K.(30%),** Pecio L., and Oleszek W. 2011. Phenolic acid concentrations in organically and conventionally cultivated spring and winter wheat. J. Sci. Food Agric., 2011, 91: 1089-1095.

IF 1,436 *(wg. 2011)*

35 pkt MNiSW *(wg. .2012)*

I.2.12. Kowalska I., Jędrejek D., **Jończyk K. (20%),** Stochmal A. 2017. UPLC–PDA–ESI–MS analysis and TLC–DPPH activity of wheat varieties. Acta Chromatographica, DOI: 10.1556/1326.2017.00416.

IF - 0,773 (wg. 2017)

15 pkt MNiSW *(wg. 2016)*

Niezależnie od powyższego zestawienia, wykaz i kopie monotematycznego cyklu publikacji stanowiącego osiągnięcie naukowe zamieszczono w **Załączniku 4.** Oświadczenia współautorów określające wkład każdego z nich w powstanie tych publikacji z uwzględnieniem także mojego wkładu w powstanie tych prac zamieszczono w **Załączniku 5.** Wymienione powyżej prace wchodzące w skład osiągnięcia habilitacyjnego omówiono poniżej (pkt. 4c) zgodnie z nadaną im numeracją [**I.2.1. - I.2.12.**]. Cytowana w tekście literatura uzupełniająca zamieszczona została na końcu opisu osiągnięcia naukowego.

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

Produkcyjność i jakość pszenicy ozimej uprawianej w ekologicznym systemie produkcji roślinnej

Wprowadzenie

Współczesne rolnictwo przechodzi okres intensywnych przemian związanych m.in. z poszukiwaniem sposobów/systemów gospodarowania zgodnych z ideą zrównoważonego rozwoju, gwarantujących realizację celów ekonomicznych oraz środowiskowych. We współczesnym rolnictwie najczęściej wyróżnia się **systemy:**

- bez certyfikacji produkcji **(konwencjonalny** - ekstensywny, intensywny, zindustrializowany, uprzemysłowiony, rolnictwo precyzyjne itp.);
- z certyfikacją produkcji**:**

a) **ekologiczny** (organiczny, biologiczny, biologiczno – organiczny, itp);
b) **integrowany** (zintegrowany, harmonijny, zrównoważony itp.).

Kryterium wyróżnienia systemów stanowi stopień uzależnienia rolnictwa od przemysłowych środków produkcji oraz możliwość realizacji założeń rozwoju zrównoważonego. Każdy z wyróżnionych systemów charakteryzuje się odmienną hierarchią celów oraz różnymi metodami wykorzystywanymi w procesie produkcji, umożliwiającymi ich osiągnięcie. Dominującym obecnie systemem produkcji jest system konwencjonalny oparty na wykorzystywaniu intensywnych technologii produkcji. W efekcie ich stosowania zaczęły pojawiać się z różnym nasileniem niepokojące zjawiska, takie jak: degradacja środowiska przyrodniczego, nadprodukcja żywności, spadek zaufania konsumentów do produktów żywnościowych wytwarzanych intensywnymi metodami produkcji [7, 9, 20, 41]. W konsekwencji w ostatnich latach obserwuje się rozwój systemów ekologicznego i integrowanego [14, 18, 26, 33, 41].

Obowiązujące od 1 stycznia 2009 r. Rozporządzenie Rady WE nr 834/2007 z dnia 28 czerwca 2007 stwierdza, że: „Produkcja ekologiczna jest ogólnym systemem zarządzania gospodarstwem i produkcji żywności, łączącym najkorzystniejsze dla środowiska praktyki, wysoki stopień różnorodności biologicznej, ochronę zasobów naturalnych, stosowanie wysokich standardów dotyczących dobrostanu zwierząt i metodę produkcji odpowiadającą wymaganiom niektórych konsumentów preferujących wyroby wytwarzane przy użyciu substancji naturalnych i naturalnych procesów. Ekologiczna metoda produkcji pełni zatem podwójną funkcję społeczną: z jednej strony dostarcza towarów na specyficzny rynek kształtowany przez popyt na produkty ekologiczne, a z drugiej strony jest działaniem w interesie publicznym, ponieważ przyczynia się do ochrony środowiska, dobrostanu zwierząt i rozwoju obszarów wiejskich”.

W ostatnich latach obserwuje się dynamiczny rozwój rolnictwa ekologicznego w Polsce i na świecie. W skali globalnej w roku 2017 powierzchnia ekologicznych użytków rolnych wynosiła ponad 69,8 mln ha (1,4 % ogółu UR na świecie), w Europie 14,6 mln ha - 2,9 % ogółu UR, zaś w UE 12,8 mln ha – 7,2 % UR wspólnoty. W Polsce w systemie produkcji

ekologicznej funkcjonuje ponad 20 tys. gospodarstw, które gospodarują na powierzchni około 495 tys. ha co stanowi 3,4 % ogólnej powierzchni użytków rolnych w kraju i pozycjonuje nas według tego kryterium powyżej średniej europejskiej [30, 31]. Dane dotyczące rynku produktów ekologicznych wskazują ponadto, że jest on jednym z najszybciej rozwijających się na świecie i Europie. Można oczekiwać, że mechanizmy wsparcia zorientowane na rozwój rolnictwa ekologicznego w ramach wspólnej polityki rolnej UE, system dotacji wdrażany w ramach Planu Rozwoju Obszarów Wiejskich) oraz popyt na produkty rolnictwa ekologicznego będzie powodował dalszy wzrost liczby gospodarstw ekologicznych i rynku produktów ekologicznych w Polsce [14]. Dla podtrzymania rozwoju rolnictwa ekologicznego konieczne jest wsparcie w obszarze badań ukierunkowanych zarówno na doskonalenie metod i organizacji produkcji ale również kształtowania jakości produktów i przetwórstwa.

Liczne raporty i metaanalizy dotyczące porównania systemów produkcji ekologicznego i konwencjonalnego wskazują na mniejsze plony roślin uzyskiwane w rolnictwie ekologicznym. Autorzy podkreślają jednocześnie, że różnice w plonowaniu zależą w dużej mierze od czynników organizacyjnych (optymalnej gospodarki płodozmianowej, doboru roślin), stosowania innowacyjnych rozwiązań technicznych oraz uwarunkowań siedliskowych. Mniejsze różnice do 5% uzyskuje się w sytuacji porównywania plonowania gatunków o mniejszych wymaganiach agrotechnicznych oraz produkcji w gorszych warunkach siedliskowych, 15% mniejsze plony odnotowuje się w warunkach stosowania najlepszych praktyk w rolnictwie ekologicznym, a największe różnice do 34 % występują gdy porównywane systemy produkcji upodabniają się organizacyjnie [29, 31].

Zboża ze względu na wszechstronne wykorzystanie w gospodarstwie oraz łatwość w uprawie należą do grupy roślin będących ważnym elementem produkcji roślinnej niezależnie od regionu uprawy i sposobu gospodarowania. Pszenica zwyczajna (*Triticum aestivum ssp.vulgare*) jest jednym z najważniejszych gatunków zbóż uprawianych w gospodarstwach ekologicznych w Polsce i na świecie. O znaczeniu pszenicy w produkcji roślinnej decydują takie cechy jak: możliwość uprawy w różnych strefach klimatycznych, wysoki potencjał plonowania, skład chemiczny ziarna oraz właściwości technologiczne umożliwiające szerokie wykorzystanie konsumpcyjne, paszowe oraz przemysłowe [6, 16]. Analiza rynku produktów ekologicznych wskazuje ponadto, że ekologiczne produkty zbożowe zajmują czołowe miejsce w strukturze konsumpcji i przetwórstwa żywności [30]. Mając na uwadze znaczący udział zbóż w strukturze zasiewów gospodarstw ekologicznych (około 40 %) oraz ich wszechstronne wykorzystanie w gospodarstwie i przetwórstwie produktów ekologicznych, znaczenie zbóż w produkcji ekologicznej nabiera szczególnej wagi. Znaczącym obszarem badań prowadzonych w rolnictwie ekologicznym jest jakość produktów ekologicznych oraz ich ocena i znaczenie w żywieniu człowieka. Poszukuje się również nowych wskaźników mogących wyróżniać jakość żywności produkowanej metodami ekologicznymi (m.in. witamin, składników mineralnych, oligosacharydów, związków o charakterze alergennym, antyoksydacyjnym) [1,2,3,10]. W rolnictwie konwencjonalnym poprzez stosowanie różnych form nawozów, dzielonych dawek azotu dostosowanych do stanu łanu i potrzeb rośliny, istnieje szerokie spektrum oddziaływania na jakość plonu i ukierunkowanie produkcji na konkretny kierunek

wykorzystania ziarna zbóż, np.: produkcja pieczywa, ciastek, makaronów. W produkcji ekologicznej oddziaływanie na cechy jakościowe ziarna jest ograniczone. W kształtowaniu cech jakościowych większe znaczenie mają takie elementy jak: dobór odpowiedniej odmiany i przedplonu, agrotechnika ukierunkowana na zmniejszenie zagrożenia przez agrofagi (stosowanie materiału siewnego wysokiej jakości, mechaniczne zabiegi pielęgnacyjne czy dbałość o czystości i warunki przechowywania ziarna).

Prace badawcze dotyczące rolnictwa ekologicznego stwarzają wiele problemów metodycznych. W klasycznych badaniach rolniczych dominuje podejście analityczne, czyli poszczególne elementy i zjawiska analizowane są oddzielnie a następnie powstaje synteza, która na użytek praktyki rolniczej tworzy całościowe rozwiązanie (np. technologia produkcji). W rolnictwie ekologicznym nie można natomiast analizować poszczególnych zjawisk oddzielnie, gdyż gospodarstwo ekologiczne stanowi organiczną całość i zjawiska nie mogą być dzielone i analizowane w postaci poszczególnych składowych. W tej sytuacji uwidaczniają się dwa sposoby rozwiązywania tego zagadnienia. W pierwszym, analizie poddaje się grupy gospodarstw prowadzone zgodnie z założeniami porównywanych systemów. Czynnikami utrudniającymi analizę wyników są: zróżnicowany stopień kultury gleb, większa zmienność warunków siedliskowych, osobowość rolnika itp. W związku z tym taką metodykę najczęściej wykorzystuje się do porównawczych analiz ekonomiczno - organizacyjnych, w których uwzględnia się większą liczbę gospodarstw. IUNG badania takie prowadził w latach 1992-1995, porównując grupy gospodarstw ekologicznych i tradycyjnych z woj. podlaskiego [19].

Szczegółowe badania przyrodnicze natomiast najczęściej prowadzi się na specjalnych doświadczeniach o powierzchni kilku lub nawet kilkunastu hektarów. Pole doświadczalne dzieli się na części, z których każda jest prowadzona zgodnie z zasadami danego systemu. Zakłada się, że każda z wydzielonych części pola tworzy pewnego rodzaju eksperymentalne gospodarstwo. Do najbardziej znanych obiektów doświadczalnych prowadzonych w ten sposób należą: Nagele (Holandia), Lautenbach, Reinshof i Marienstein (Niemcy), Long Ashton (Anglia), Foulum (Dania), Logarden (Szwecja), Burgrain (Szwajcaria). Podobny obiekt doświadczalny założono w 1994 r. Stacji Doświadczalnej IUNG-PIB w Osinach.

Omówienie celu badawczego

Zagadnienie badawcze, które opisano w wybranym cyklu prac, dotyczy problematyki produkcyjności i jakości pszenicy ozimej uprawianej w ekologicznym systemie produkcji. Inspiracją i przesłanką do podjęcia tego zakresu badań był fakt wzrastającego zainteresowania w skali światowej oraz w Polsce produkcją ekologiczną oraz szereg wyzwań związanych z tym sposobem produkcji, należą do nich m.in.:

- porównanie plonowania pszenicy ozimej w uprawie ekologicznej i innych systemach produkcji w wieloleciu;
- identyfikacja czynników ograniczających plonowanie;
- doskonalenia agrotechniki oraz wypracowanie kryteriów doboru odmian pszenicy do uprawy w gospodarstwach ekologicznych.

Istotnym elementem omawianych badań jest ocena ziarna pszenicy ozimej w zakresie wybranych cech jakościowych wykraczających poza schemat standardowej analizy jakościowej ziarna zbóż (zawartości białka, glutenu, liczby opadania, wskaźnika sedymentacji). Dodatkowym elementem wpływającym na prowadzenie badań była możliwość wykorzystania obiektu badawczego, który umożliwia kompleksowa ocenę ekologicznego systemu produkcji ale również prowadzenie analiz porównawczych z innymi sposobami gospodarowania.

Hipoteza badawcza,: W rolnictwie ekologicznym wskutek wyeliminowania przemysłowych środków produkcji (nawozy azotowe, chemiczne środki ochrony roślin, regulatory wzrostu itp.) uzyskuje się mniejszą wydajność pszenicy niż w intensywnej produkcji konwencjonalnej. Jednak w warunkach stosowania poprawnej agrotechniki oraz właściwego doboru odmian plony mogą być zbliżone do przeciętnych uzyskiwanych w masowej produkcji, a jakość ziarna umożliwia uzyskanie pieczywa bardzo dobrej jakości.

Podstawowym celem przeprowadzonych badań była ocena plonowania oraz wybranych cech jakościowych ziarna pszenicy ozimej w produkcji ekologicznej, w porównaniu do innych systemów (konwencjonalny, integrowany, monokultura). Bardziej szczegółowe zagadnienia badawcze to:

- występowanie i nasilenie czynników ograniczających plon pszenicy ozimej w uprawie ekologicznej (choroby grzybowe, zachwaszczenie, stan odżywienia roślin);
- określenie kryteriów doboru odmian pszenicy ozimej oraz ocena ich przydatności do uprawy w warunkach produkcji ekologicznej;
- cena jakościowa mąki oraz zawartość metabolitów wtórnych w ziarnie i częściach wegetatywnych pszenicy uprawianej w ekologicznym systemie produkcji.

Praktycznym celem tych badań jest wypracowanie podstaw do utworzenia doradztwa odmianowego dla gospodarstw ekologicznych .

W omawianych badaniach w różnych okresach wykorzystywano najnowsze odmiany pszenicy należące do grupy odmian jakościowych (E - elitarne, A – jakościowe , B - chlebowe). Wybrane do badań odmiany były zróżnicowane morfologiczne, charakteryzowały się wysoką produkcyjnością w systemie Porejestrowego Doświadczalnictwa Odmianowego oraz dodatkowo wykazywały większą odporność na patogeny grzybowe oraz wyższą mrozoodporność.

Specyfika produkcji ekologicznej powoduje, że w tym sposobie gospodarowania o poziomie uzyskiwanych plonów decydują inne czynniki, a znaczenie poszczególnych elementów agrotechniki wymaga odmiennego wartościowania. W warunkach produkcji ekologicznej, w której nie stosuje się syntetycznych nawozów oraz środków ochrony roślin, kluczowe znaczenie plonotwórcze przejmuje płodozmian oraz dobór odmiany.

Podkreślić należy, że uzyskiwane w kraju w gospodarstwach ekologicznych plony są bardzo niskie, w zależności od gatunku wynoszą od 1,5 do 3 t/ha. Wskazuje to na całkowicie ekstensywny sposób uprawy tej grupy roślin i niewykorzystanie potencjału produkcyjnego zbóż. Prezentowane w omawianym cyklu prac wyniki wskazują na możliwość uzyskania

wyższych plonów. Jednym z podstawowych elementów agrotechniki zbóż niedostatecznie wykorzystywanym w praktyce gospodarstw ekologicznych jest dobór odpowiedniej odmiany [8, 13, 21]. Dodatkową istotną przesłanką za prowadzeniem badań nad doborem odmian do uprawy w gospodarstwach ekologicznych jest ograniczona dostępność do materiału nasiennego w jakości ekologicznej. Dotychczas, głównie z uwagi na mały areał uprawy, nie prowadzi się specjalnej hodowli roślin dla potrzeb rolnictwa ekologicznego. Oferta handlowa dotycząca nasion ekologicznych jest znikoma i nie gwarantuje wyboru odpowiedniej odmiany (wykaz dostępnego materiału siewnego, strona Państwowej Inspekcji Ochrony Roślin i Nasiennictwa, www.piorin.gov.pl). W tej sytuacji do uprawy w gospodarstwach ekologicznych wybierane są odmiany będące w ogólnej ofercie firm hodowlanych i znajdujące się w krajowym rejestrze. Podkreślić należy również, że dotychczasowe badania prowadzone przez COBORU oraz rekomendacje firm hodowlanych nie uwzględniały oceny odmian w warunkach produkcji ekologicznej co utrudnia właściwy wybór i zwiększa ryzyko uprawy.

Warunki i metodyka badań

Badania opisane w wybranym cyklu publikacji dotyczą wieloletnich badań prowadzonych głównie w obiekcie doświadczalnym zlokalizowanym w stacji doświadczalnej Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - PIB w Osinach woj. lubelskie (położenie geograficzne – szerokość geograficzna 51^{O} 28 ', długość geograficzna 22 ^{O} 04 ', wysokość – 155 m n.p.m). Według charakterystyki fizjograficznej obiekt Osiny leży w mezoregionie - Wysoczyzna Lubartowska, makroregionie – Nizina Południowopodlaska wg. J. Kondrackiego jest to zdenudowana falista równina morenowa [17].

Część badań dotyczącą reakcji odmian na uprawę w warunkach produkcji ekologicznej prowadzono w gospodarstwach ekologicznych zlokalizowanych w różnych regionach kraju: Chwałowice woj. mazowieckie - gospodarstwo CDR Brwinów o/Radom, Chomentowo woj. podlaskie – indywidualne gospodarstwo ekologiczne (publikacje **I.2.3; I.2.5; I.2.9**).

Obiekt doświadczalny IUNG – PIB w gospodarstwie Osiny, o powierzchni całkowitej 16 ha, podzielony jest na części reprezentujące różne systemy produkcji. Umiejscowienie pól doświadczalnych w jednej lokalizacji umożliwia prowadzenie obserwacji i badań w jednakowych warunkach siedliskowych ograniczając wpływ zmienności związanych z warunkami glebowymi, meteorologicznymi. Istotnym elementem badań jest ich prowadzenie w obiekcie doświadczalnym, który funkcjonuje od 1984 r. Fakt ten powoduje, że poza walorem lokalizacji w porównywalnych warunkach siedliskowych badania prowadzone były przy stałych założeniach metodycznych dotyczących funkcjonowania różnych systemów produkcji. Element ten jest szczególnie istotny w eksperymentach prowadzonych zgodnie z zasadami rolnictwa ekologicznego. Układ oraz założenia dotyczące obiektu doświadczalnego są wyjątkowe w skali kraju i nawiązują do założeń i metodyki badań nad systemami produkcji w innych ośrodkach naukowych [11, 25, 29]. W przeważającej mierze pola doświadczalne zlokalizowane są na glebie płowej o składzie mechanicznym piasku gliniastego mocnego, na niewielkim fragmencie pola występuje czarna ziemia o podobnym uziarnieniu. Gleby te w przeważającej części należą do kompleksu

żytniego bardzo dobrego, a fragmenty do pszennego dobrego i żytniego dobrego. Wielkość każdego pola płodozmianowego wynosi 1 ha, co pozwala na stosowanie agrotechniki zbliżonej do warunków produkcyjnych. Doświadczenie prowadzone jest wszystkimi roślinami jednocześnie co umożliwia uzyskanie w każdym roku pełnej informacji pochodzącej z poszczególnych pól i zmianowań. Czynnikami różnicującymi porównywane systemy są: płodozmian i związana z nim uprawa międzyplonów wraz z całokształtem uprawy roli, nawożenie organiczne, nawożenie mineralne, ochrona roślin przed chwastami, chorobami i szkodnikami mechaniczna pielęgnacja zasiewów itp. Pszenica ozima w założeniach organizacyjnych obiektu doświadczalnego jest zbożem występującym w każdym wariancie systemu produkcji i stanowy roślinę testową umożliwiająca prowadzenie analiz porównawczych. Poniżej podano ogólną charakterystykę systemów produkcji i agrotechniki pszenicy ozimej:

I. System ekologiczny (EKO) reprezentowany jest przez zmianowanie*: ziemniak^{xx} - jęczmień jary (od 2005 r. pszenica jara) + wsiewka bobowatych drobnonasiennych z trawami (koniczyna czerwona + koniczyna biała + 3 gatunki traw) – koniczyna z trawami użytkowana dwa lata - pszenica ozima + międzyplon z dużym udziałem bobowatych**.

W systemie tym nie stosuje się syntetycznych nawozów mineralnych, pestycydów, regulatorów wzrostu. Nawożenie organiczne obejmuje stosowanie kompostu raz w rotacji pod ziemniaki 25-30 t/ha oraz przyorany międzyplon. Zwalczanie chwastów polega na intensywnych zabiegach mechanicznych i dodatkowo pieleniu ręcznym w ziemniakach.

II. System integrowany - INT (zrównoważony, niskonakładowy) obejmuje zmianowanie: *ziemniak^{xx} - jęczmień jary (od 2005 r. pszenica jara) + międzyplon - bobik - pszenica ozima + międzyplon*.

W systemie tym przemysłowe środki produkcji stosuje się wykorzystując rożne systemy wspomagania decyzji. Nawożenie azotem jest mniejsze o 30 – 40 % jak w systemie konwencjonalnym, dawki azotu korygowane są w oparciu o oznaczenie ilości mineralnego N w glebie w okresie wiosennego ruszenia wegetacji oraz indeksu zieloności liści (SPAD. Zabiegi ochrony wykonywane są zależnie od nasilenia agrofagów. Nawożenie organiczne obejmuje: 25-30 t/ha kompostu pod ziemniaki, przyoraną słomę bobiku oraz międzyplony z roślin krzyżowych .

III. System konwencjonalny występuje w dwóch wariantach.

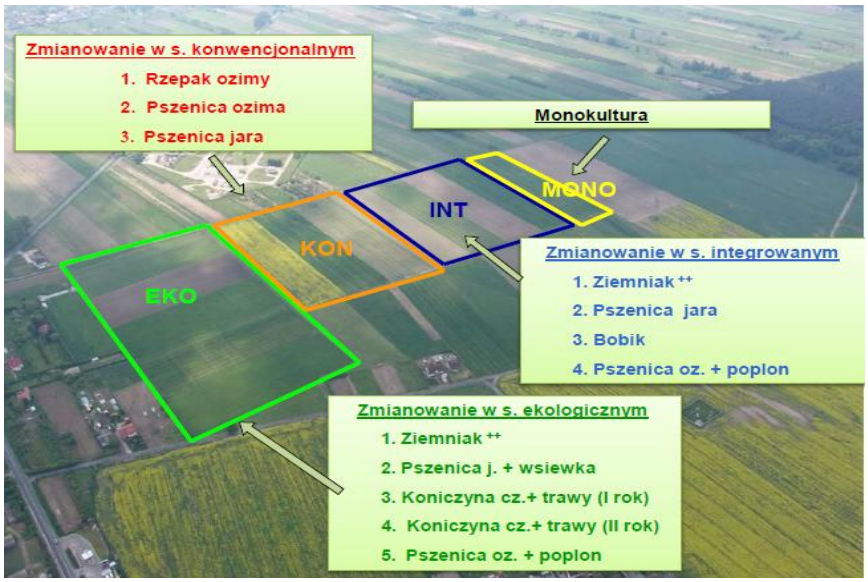
Wariant A (KON) - *obejmuje zmianowanie: rzepak ozimy - pszenica ozima - jęczmień jary (od 2005 r. pszenica jara).*

Gospodarowanie w tym systemie opiera się na intensywnych technologiach produkcji zalecanych przez IUNG, charakteryzują się one dużym zużyciem przemysłowych środków produkcji. Nawożenie organiczne ograniczone jest do przyorywania słomy rzepaku i pszenicy ozimej.

Wariant B (MONO) - monokultura pszenicy ozimej.

Stosowana jest intensywna technologia produkcji ukierunkowana na ograniczanie niekorzystnego oddziaływania ciągłej uprawy pszenicy. Nawożenie organiczne w formie słomy przyorywanej co drugi rok.

Szczegółowy opis stosowanej metodyki badań oraz zabiegów agrotechnicznych stosowanych w poszczególnych systemach produkcji w polu pszenicy ozimej zawarty jest w załączonych publikacjach.



Rys. 2. Obiekt doświadczalny w SD IUNG-PIB w Osinach k/Puław

Tabela 1.Wybrane elementy agrotechniki pszenicy ozimej w różnych systemach produkcji

Wyszczególnienie	System produkcji			
	integrowany	konwencjonalny	monokultura	**ekologiczny**
Zmianowanie	Z^{++}- J.j./Pj - B - **P.o.** *	Rz. - **P.o.** - J.j. /Pj *	**P.o.**	Z^{++}- J.j. /Pj - K.c. - K.c .- **P.o.** *
Zaprawianie nasion	+	+	+	-
Nawożenie NPK kg/ha	105+25+60	150+32+75	160+32+75	-
Herbicydy	1x	1 lub 2 x	2 lub 3 x	-
Fungicydy	1 lub 2 x	2 x	2 x	-
Antywylegacz	+/-	+	+	-
Bronowanie	1 x	1 x	1x	**2 lub 3x**

*/ Z – ziemniak, J.j. – jęczmień jary, B – bobik, P.o.- pszenica ozima, Rz. – rzepak ozimy, K.c. – koniczyna czerwona + trawy

Ad. 1.1. Plonowanie pszenicy ozimej oraz reakcja odmian i ich przydatność do uprawy w warunkach produkcji ekologicznej;

Publikacje: I.2.1, I.2.2, I.2.3, I.2.4, I.2.5.

W pierwszym okresie (lata 1998-2000) badania prowadzono z wykorzystaniem 4 odmian, były to: Kobra, Roma, Juma, Elena. Celem badań była ocena plonowania wybranych odmian w różnych systemach produkcji oraz wskazanie cech, które determinują ich produkcyjność.

Odmiany do badań typowano z uwzględnieniem m.in.: zróżnicowania cech morfologicznych podatności na choroby, cech jakościowych, wyników uzyskanych w badaniach COBORU. Plony pszenicy ozimej w systemie ekologicznym niezależnie od odmiany wyniosły 3,93 t*ha^{-1} i były one mniejsze o 39% niż w systemie integrowanym, o 35 % niż w konwencjonalnym i o 16% niż w monokulturze. Dodatkowo stwierdzono, że plony uzyskane w warunkach produkcji ekologicznej charakteryzowały się największą zmiennością w latach (V=24%) i wartość ta była porównywalna z uzyskaną dla plonów pszenicy uprawianej w monokulturze. O dużej zmienności plonów pszenicy uprawianej w obiekcie ekologicznym decydowały w równej mierze duże wahania obsady kłosów jak i dorodności ziarna, w monokulturze większe znaczenie dla zmienności wyników miała dorodność ziarna. Intensywna uprawa pszenicy w systemie konwencjonalnym w uproszczonym zmianowaniu 3 – polowym oraz integrowana w zmianowaniu typu norfolskiego, powodowała mniejsze wahania plonów w latach – odpowiednio 16% i 14%. Ocena plonowania odmian wykazała, że w warunkach uprawy ekologicznej największe i najbardziej stabilne plony uzyskały dwie odmiany – Kobra i Roma - średnio z 3 lat 4,16 t*ha^{-1}. Cechą która decydowała o ich większej produkcyjności była zdolność wytworzenia, w porównaniu do pozostałych odmian, ziarna o większej masie 1000 ziaren (Kobra 38,6 g, Roma 42,2g). W pozostałych systemach odmiany reagowały w mniejszym stopniu na warunki uprawy i różnice w ich plonowaniu były mniejsze.

Pszenica uprawiana w warunkach ekologicznych charakteryzowała się mniejszą wartością wskaźnika pokrycia liściowego (LAI), który był mniejszy niż w pozostałych systemach o około 1-1,5, dodatkowo odnotowano w łanie bardziej erektoidalne ustawienie liści. Wynik ten wiązać należy z lepszą penetracją światła w łanie na skutek mniejszego zagęszczenia łanu (mniejsza obsada pędów i kłosów) oraz występującym w większym nasileniu patogenów porażających liście. Spośród testowanych odmian Roma charakteryzowała się największym wskaźnikiem LAI, cecha ta była wypadkową zagęszczenia i wysokości łanu oraz większej odporności odmiany Roma na porażenie przez rdzę brunatną. Na podobne cechy odmian przydatnych w produkcji ekologicznej wskazują również w swoich pracach inni autorzy [8, 21, 22].

W ocenie plonowania pszenicy ozimej i reakcji odmian na uprawę w warunkach ekologicznego gospodarowania przeprowadzono również analizę architektury łanu. Stwierdzono, że w obiekcie ekologicznym w porównaniu do integrowanego i monokultury pszenica tworzy łany wyższe o około 10- 12 cm, testowane odmiany cechowały się węższym stosunkiem ziarna do słomy oraz większym udziałem w łanie pędów pietra średniego i niskiego. Odmiany uzyskujące największe plony w obiekcie ekologicznym (Kobra i Roma) osiągały stosunkowo wysoką dorodność ziarna we wszystkich klasach wysokości pędów. Kobra tworzyła łan z największym udziałem pędów wysokich (34%) przy jednocześnie najmniejszym udziale pędów niskich (24%). Analizy porównawcze wykazały jednocześnie, że w warunkach systemu integrowanego, w którym uzyskiwano największe plony i najmniejszą ich zmienność, model rośliny opisany budową łanu jest inny. Szczegółowa analiza wyników dotyczących architektury łanu wskazuje na odmienną reakcję odmian na uprawę w różnych systemach produkcji. W warunkach optymalnego zaopatrzenia roślin w składniki pokarmowe oraz stosowania zabiegów ochrony roślin, najwyżej plonującą odmianą była Elena, która

charakteryzowała się najniższym łanem oraz dominacją pędów piętra wysokiego. Mniejsza odporność tej odmiany na patogeny grzybowe porażające liście w warunkach skutecznej ochrony roślin miała mniejsze znaczenie. Przeprowadzone w omawianym okresie badania wykazały, że w systemie ekologicznym kryteria doboru odmian powinny być inne niż w systemie konwencjonalnym. Większe znaczenie w doborze odmian do uprawy w gospodarstwach ekologicznych powinny mieć wysokość łanu, zdolność tworzenia ziarna o wysokiej masie 1000 ziaren, większa krzewistość i struktura łanu warunkująca wysoką produkcyjnością kłosów z wszystkich pięter/ mniejszej dominacji pędu głównego. Uzyskane wyniki wskazują jednocześnie na znaczenie w doborze odmian obok zdolności uzyskiwania wysokich plonów również ich stabilności w latach.

W kolejnym okresie (lata 2005-2007) w badaniach uwzględniono szerszą listę odmian wykorzystując: 6 czołowych jakościowych odmian z krajowej listy odmian (Roma, Zyta, Kobra, Sukces Korweta, Mewa), tzw. „odmiany dawne", których nasiona pozyskano z kolekcji IHAR (Ostka Kazimierska, Kujawianka Więcławicka, Wysokolitewka Sztywnosłoma), pszenicę orkisz – Szwabenkorn oraz mieszaninę odmian (Kobra+Mewa+Roma). Uwzględnienie w badaniach mieszaniny odmian oraz pszenicy orkisz podyktowane było poszukiwaniem rozwiązań agrotechnicznych zwiększających konkurencyjność łanu w stosunku do chwastów, ograniczenia rozwoju i nasilenia chorób grzybowych. Włączenie „dawnych odmian" umożliwiło weryfikację poglądu, że w gospodarstwach ekologicznych ich uprawa, poza realizacją celu zwiększenia bioróżnorodności oraz poszerzenia oferty rynkowej, może mieć większe znaczenie produkcyjne.

W analizowanym okresie plony pszenicy, ze względu na zmienne warunki pogodowe w latach, kształtowały się średnio dla wszystkich testowanych odmian, w zakresie od 2,41 do 4,36 $t*ha^{-1}$. Uzyskano bardzo niskie plony „dawnych odmian" , średnio za 3 lata, były one mniejsze od odmian z krajowej listy o 36%. Niższy plon w tej grupie odmian był następstwem większego porażenia przez patogeny grzybowe zasiedlające podstawę źdźbła jak i liście. W efekcie „odmiany dawne" w latach z większym nasileniem chorób tworzyły łany o małej zwartości podatne na zachwaszczenie i ziarno o małej masie 1000 ziaren. Pszenica orkisz plonowała, średnio za 3 lata, na poziomie 3,36 $t*ha^{-1}$ (plon ziarna oplewionego), wynik ten był o około 30% większy od „ odmian dawnych" i 18% mniejszy od odmian współczesnych wpisanych do krajowego rejestru. Cechą charakterystyczna łanu pszenicy orkisz były: najwyższy łan i współczynnik krzewistości oraz wysoki współczynnik biomasy - cechy, które decydują o dobrej konkurencyjność w stosunku do chwastów.

Analiza porównawcza plonowania pszenicy ozimej w systemie ekologicznym i konwencjonalnym wskazuje że, średnio za 3 lata, plony w obiekcie ekologicznym były mniejsze niż w systemie konwencjonalnym o 20% z wahaniami w latach od 0 w bardzo suchym 2006 roku do 20 – 30 % w pozostałych latach. W przypadku najlepiej plonujących odmian w systemie ekologicznym – Romy - 4,05 $t*ha^{-1}$ i Zyty – 4,36 $t*ha^{-1}$ różnica ta była mniejsza i wynosiła 15%. Ogólnie niższa wydajność pszenicy w warunkach uprawy ekologicznej związana była z mniejszą obsadą kłosów o około 100 -150 szt. $*m^{-2}$ przy jednocześnie większej masie 1000 ziaren u odmian najwyżej plonujących (Roma - 43,3 g, Zyta – 43,1g).

Ocena występowania i nasilenia patogenów grzybowych wykazała, że w strukturze występowania chorób grzybowych występujących w uprawie ekologicznej współczesnych odmian pszenicy małe znaczenie maja choroby podstawy źdźbła , natomiast zdecydowanie większe choroby liści.

W kolejnym etapie badań (lata 2014-2016) w trzech gospodarstwach ekologicznych zlokalizowanych w różnych regionach kraju podano ocenie plonowanie 12 odmian pszenicy ozimej w tym pierwszej polskiej odmiany pszenicy orkisz Rokosz. Wyboru odmian dokonano, podobnie jak w latach wcześniejszych, na podstawie wstępnych kryteriów uwzględniając: odporność na patogeny grzybowe, mrozoodporność, cechy jakościowe, zróżnicowanie morfologiczne. Podstawowym celem badań była ocena nowych jakościowych odmian pszenicy ozimej, uściślenie kryteriów doboru odmian dla rolnictwa ekologicznego oraz wskazanie odmian najlepiej dostosowanych do produkcji ekologicznej. Założenie doświadczeń w ustabilizowanych gospodarstwach ekologicznych posiada walor reprezentatywności warunków produkcji co w kontekście założonego celu ma istotne znaczenie. Nowym elementem badań ważnym z punktu widzenia przydatności w uprawie ekologicznej obok produkcyjności i kształtowania jakości ziarna była ocena stanu odżywienia badanych odmian azotem oraz analizy biometryczne ukierunkowane na ocenę konkurencyjności testowanych odmian w stosunku do chwastów. Zakres badań obejmował: plon ziarna, elementy struktury plonu występowanie i nasilenie chorób grzybowych, ocenę zachwaszczenia oraz stan odżywienia roślin w azot oceniany z wykorzystaniem testu NNI (Nitrogen Nutrient Index). Wyniki badań pozwoliły na wskazanie niezależnie od warunków siedliskowych grupy odmian, która charakteryzowała się dużymi i stabilnymi plonami ziarna oraz większą konkurencyjnością w stosunku do chwastów, były to: Julius, Skagen, Sailor, Jantarka, Smuga. Plon ziarna poszczególnych odmian kształtował się w granicach 5,5-5,7 t/ha. O wysokiej ich wydajności zadecydowała głównie dobra dorodność ziarna, która w zależności od odmiany kształtowała się w granicach od 41 do 43 g) oraz większa od średniej zwartość łanu. Do grupy odmian uzyskujących większe plony można również zaliczyć: Bamberkę i KWS Ozon**,** jednak wydajność tych odmian w większym stopniu zależała od warunków siedliskowych.

Analiza wyników dotyczących zależności uzyskanych plonów, cech biometrycznych oraz czynników ograniczających produkcyjność (zachwaszczenia i chorób grzybowych) wskazuje, że odmiany uzyskujące plon ziarna powyżej średniej charakteryzowały się większym zagęszczeniem łanu, wysokością i masą części nadziemnej oraz większą odpornością na porażenie przez patogeny uszkadzające liście – głównie przez *Septoria spp. i Puccinia striiformis*. Pszenica orkisz odmiany Rokosz we wszystkich lokalizacjach plonowała na poziomie najniżej plonujących odmian uzyskując średni plon oplewionego ziarna – 4,96 $t*ha^{-1}$. Pszenica orkisz tworzyła zwarty konkurencyjny w stosunku do chwastów łan o obsadzie kłosów 418 $szt.*m^{-2}$ przy jednocześnie niewielkiej masie 1000 ziaren wynoszącej – 38,6 g. Czynnikiem ograniczającym plonowanie pszenicy orkisz była większa podatność na choroby grzybowe, głównie septoriozę i rdzę żółtą.

1.2. Występowanie i nasilenie czynników ograniczających plon pszenicy ozimej w ekologicznym systemie produkcji;

Publikacje: I.2.5, I.2.6 I.2.7 I.2.8, I.2.9

Podstawowymi czynnikami limitującymi plonowanie zbóż w gospodarstwach ekologicznych są: zachwaszczenie, nasilone występowanie chorób grzybowych oraz niedostateczne zaopatrzenie roślin w składniki pokarmowe, głównie w azot [13, 36, 37].

W rolnictwie ekologicznym metody ochrony polegają przede wszystkim na zapobieganiu uszkodzeniom powodowanym przez agrofagi, wytwarzaniu substancji ochronnych przez rośliny, zabiegach biotechnicznych oraz na stwarzaniu warunków do rozwoju organizmów pożytecznych oraz wykorzystaniu oddziaływań antagonistycznych. Podstawową zasadą w ograniczaniu zachwaszczenia w rolnictwie ekologicznym jest wytworzenie i zachowanie równowagi w łanie, pomiędzy chwastami a rośliną uprawną. Wszystkie działania agrotechniczne mają na celu doprowadzenie do dominacji łanu rośliny uprawnej nad chwastami oraz utrzymaniu ich populacji na poziomie poniżej progu szkodliwości.

Występowanie i nasilenie chorób grzybowych. Badania opisane w wybranych opracowaniach dotyczą m.in.: oceny występowania zespołu chorób występujących na korzeniach, liściach i kłosach oraz zachwaszczenia z uwzględnieniem konkurencyjności odmian w stosunku do chwastów. Badania prowadzono w różnych okresach od 1997 do 2012 r. w obiekcie doświadczalnym IUNG – PIB w Osinach oraz gospodarstwach ekologicznych w różnych rejonach kraju. Wieloletnie obserwacje oraz założenia metodyczne uwzględniające prowadzenie badań w zróżnicowanych warunkach siedliskowych, odmiany oraz możliwość prowadzenia analiz porównawczych z innymi systemami produkcji, umożliwiły uszczegółowienie kryteriów doboru odmian pszenicy oraz wskazanie rozwiązań agrotechnicznych zmniejszających ryzyko uprawy. Obserwacje i wyniki badań wykorzystano w licznych materiałach szkoleniowych i informacyjnych.

Porażenia przez patogeny grzybowe pszenicy ozimej w dużym stopniu zależało od warunków pogodowych i lokalizacji doświadczeń. Wieloletnie badania wskazują, że w systemie ekologicznym, pomimo braku chemicznej ochrony w warunkach stosowania wielostronnego zmianowania roślin, nasilenie chorób systemu korzeniowego i podstawy źdźbła było wyraźnie mniejsze niż systemie konwencjonalnym i integrowanym. Dodatkowo odnotowano odmienna strukturę chorób systemu korzeniowego i podstawy źdźbła w porównywanych systemach. W warunkach uprawy ekologicznej w pszenicy ozimej, przy ogólnie mniejszym nasileniu chorób korzeni i podstawy źdźbła niż w pozostałych systemach, stwierdzono mniej roślin z objawami chorobowymi powodowanymi przez *Fusarium spp.* i więcej z objawami *Pseudocercosporella herpotrichoide.* W przypadku *Rizoctonia spp*. udział roślin z objawami tego patogena był porównywalny z uprawą pszenicy w monokulturze i systemie integrowanym, a mniejszy niż w obiekcie konwencjonalnym.

W uprawie pszenicy ozimej w systemie ekologicznym podstawowe znaczenie, jako czynnik ograniczający plonowanie, miało porażenie liści przez *Puccinia recondita i Septoria spp.* oraz gorsze odżywienie roślin azotem. Mniejsze znaczenie spośród patogenów miały

Erysiphe graminis występujący w większym nasileniu jedynie w niektórych latach i wczesnych fazach rozwoju pszenicy oraz *Drechslera tritici – repentis*. Średni indeks porażenia liści pszenicy w fazie dojrzałości mlecznej w uprawie ekologicznej, w latach z dużą presją infekcyjną, był nawet 4-krotnie większy niż na obiektach chronionych fungicydami. Efektem występowania chorób grzybowych liści było zmniejszenie wskaźnika powierzchni liści (LAI), który w fazie dojrzałości mleczno - woskowej przyjmował wartości o 1-1,4 mniejsze niż w systemie konwencjonalnym. W konsekwencji większego uszkodzenia liści przez choroby grzybowe łany pszenicy w obiekcie ekologicznym w niektórych latach zasychały 2 tygodnie wcześniej niż w pozostałych systemach. Zmniejszenie czasu trwania aktywności fotosyntetycznej roślin było głównym czynnikiem zmniejszającym dorodność ziarna. Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że obniżki plonu można częściowo ograniczyć poprzez dobór odmian. W badaniach własnych stwierdzono jednocześnie, że skuteczność, dopuszczonych do stosowania w rolnictwie ekologicznym środków ochrony roślin, była mała [15, 35]. Podkreślić należy jednocześnie, że w zbożach w całym okresie badań nie stwierdzano nasilonego występowania szkodników (mszyce, skrzypionki itp.), co można wiązać z ponad 2-krotnie większą populacją owadów drapieżnych, a głównie biegaczowatych, w porównaniu do pszenicy uprawianej w innych systemach [38].

Zachwaszczenie. Istotnym czynnikiem decydującym o przydatności odmian zbóż do uprawy w systemie ekologicznym jest ich zdolność konkurencji z chwastami o składniki środowiska: wodę, składniki pokarmowe, światło. W literaturze podkreśla się, że odmiany pszenicy lepiej dostosowane do warunków ekologicznej produkcji powinny charakteryzować się takimi cechami jak: bardziej poziomym ustawieniem liści, większą krzewistością i powierzchnią liści, szybkim tempem początkowego wzrostu, wyższym łanem [22, 23, 39]. Różnice między odmianami wynikające z tych cech, decydują o ilości fotosyntetycznie aktywnego promieniowania przenikającego w głąb łanu, wpływając na rozwój chwastów.

W obiekcie doświadczalnym w Osinach każdego roku badań w łanie pszenicy ozimej uprawianej w systemie ekologicznym stwierdzano większą liczbę i masę chwastów w porównaniu do pozostałych obiektów. W zależności od okresu badań przed zbiorem pszenicy w obiekcie ekologicznym liczba chwastów kształtowała się w zakresie 50-110 szt.*m^{-2}, a ich sucha masa wahała się od 14 do 150 g*m^{-2}. Z wyeliminowaniem herbicydów wiązana była również większa różnorodność flory segetalnej. Łączna liczba gatunków chwastów w łanie pszenicy ozimej w obiekcie ekologicznym była o 38 – 50% większa niż w systemach, w których stosowano herbicydy.

W doświadczeniach zlokalizowanych w gospodarstwach ekologicznych średni poziom zachwaszczenia wyrażony suchą masa chwastów był porównywalny. Stan zachwaszczenia pszenicy w latach w dużym stopniu zależał od warunków przezimowania pszenicy oraz skuteczności zabiegów pielęgnacyjnych z wykorzystaniem brony chwastownika. Analizy dotyczące oddziaływania odmian na zachwaszczenie wskazują na istotne zróżnicowanie wyników. Uwzględnienie w różnych okresach badań zróżnicowanych morfologiczne odmian pozwoliło przeprowadzić analizę zależności wybranych cech biometrycznych dotyczących rośliny i łanu oraz uściślenie kryteriów doboru odmian dla rolnictwa ekologicznego.

Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała, że największy wpływ na zachwaszczenie miała zdolność konkurencyjna łanu pszenicy ozimej w stosunku do chwastów, mierzona zwartością i wysokość łanu oraz wielkością biomasy części nadziemnych pszenicy.

Spośród zestawu 13 odmian uwzględnionych w badaniach w latach 2011 – 2012 największą konkurencyjność w stosunku do chwastów wykazały: Nateja i Legenda. Odmiany te charakteryzowały się większą zwartością i wysokością łanu, oraz suchą masą roślin na jednostce powierzchni. W grupie testowanych odmian najmniej konkurencyjne w stosunku do zachwaszczenia okazały się: Alcazar, Boomer i Jenga. Główna cechą decydującą o ich małej konkurencyjności była mniejsza wysokość łanu.

W drugim okresie badań (lata 2014-2016) testowano 12 odmian włącznie z pierwszą zarejestrowaną odmianą pszenicy orkisz Rokosz. Spośród ocenianych odmian, niezależnie od lokalizacji doświadczeń: Julius, Sailor, Ostroga, Smuga, Skagen i pszenica orkisz Rokosz wykazały najwyższe zdolności konkurencyjne w stosunku do chwastów. Cechy wyróżniające tę grupę odmian, które decydowały o ich mniejszym zachwaszczeniu, to podobnie jak we wcześniejszych badaniach: stosunkowo duża gęstość roślin, duża masa części nadziemnych, wysokość i liczba pędów oraz dodatkowo bardziej poziome ułożenie liści.

Uzyskane wyniki dotyczące zachwaszczenia odmian pszenicy ozimej w powiązaniu z ich plonowaniem wskazują jednocześnie, że niektóre genotypy tworzące niższe lany w warunkach dużego zachwaszczenia reagowały mniejsza redukcją plonów (np. KWS Ozon, Muszelka, Bamberka, Banderola). Obserwacja ta pokazuje na złożony charakter zjawiska konkurencyjności zbóż i zachwaszczenia. Dane literaturowe wskazują, że zjawisko konkurencyjności w łanie zależy od kompleksu cech związanych z morfologią roślin i uwarunkowań siedliskowych oraz ich współdziałania np. zdolność pobierania składników pokarmowych, zjawisko kompensacji, oddziaływania allelopatyczne [22, 23, 40]

Stan odżywienia roślin. Badania dotyczące stanu odżywienia pszenicy azotem wskazują z jednej strony na gorsze zaopatrzenie roślin w N w porównaniu z systemem konwencjonalnym, z drugiej na duże różnice pomiędzy odmianami. Stan odżywienia azotem, wykonany testem NNI w fazach strzelanie w źdźbło (BBCH 32-35) i kłoszenie (BBCH 50-59), dla wszystkich badanych odmian i obu terminów wykazał deficytowy stan zaopatrzenia w ten składnik. Wyniki te są zbieżne z uzyskanymi w innych badaniach, w których wykorzystano do oceny stanu odżywienia inne metody (metody bezpośrednie - przedziału krytycznego i test NNI oraz pośrednie - test SPAD) [36, 37]. Uzyskane wyniki wskazują na brak zależności pomiędzy uzyskanymi plonami, a stanem odżywienia testowanych odmian w azot. Obserwacja ta wskazuje na potrzebę wypracowania w warunkach produkcji ekologicznej innych zawartości krytycznych azotu lepiej dostosowanych do specyfiki tego systemu produkcji lub innych metod oceny odmian w zakresie odżywienia składnikami pokarmowymi.

Mając na uwadze powyższe uwarunkowania w ostatnim czasie w IUNG – PIB zainicjowano w ramach kierowanego przeze mnie tematu badania m.in. nad oceną profilu mikrobiologicznego ryzosfery odmian pszenicy ozimej uprawianej w ekologicznym systemie produkcji (opis w części dotyczącej dorobku naukowego).

Ad. 2. Ocena jakościowa mąki oraz zawartość metabolitów wtórnych w ziarnie i częściach wegetatywnych pszenicy uprawianej w ekologicznym systemie produkcji.

Publikacje: I.2.10, I.2.11, I.2.12

Celem podjętych badań było określenie w jakim stopniu ekologiczny system produkcji wpływa na wartość wypiekową mąki z ziarna wybranych odmian pszenicy ozimej (**publikacja I.2.10)** oraz gromadzenie w nasionach i częściach wegetatywnych pszenicy metabolitów wtórnych o właściwościach antyoksydacyjnych **(publikacje I.2.11; I.2.12)**. Jedną z grup tych związków, które znajdują szersze zainteresowanie są związki fenolowe. Należą one do grupy przeciwutleniaczy znajdujących się w większych ilościach w produktach zbożowych i z punktu widzenia właściwości prozdrowotnych oraz udziału zbóż w diecie mają istotne znaczenie profilaktycznie oraz lecznicze w różnych jednostkach chorobowych. Związki te spełniają również funkcję ochronną w roślinach przeciwdziałając patogennym czynnikom infekcyjnym [1,3,4,12,27,28].

Jakość ziarna pszenicy zależy od czynników genetycznych (odmianowych), siedliskowych (warunki glebowe, klimatyczne) oraz zabiegów agrotechnicznych (nawożenie, ochrona roślin). Spośród zabiegów agrotechnicznych szczególnie duży wpływ na jakość ziarna pszenicy wywiera nawożenie, zwłaszcza azotem. Ograniczenia w stosowaniu zabiegów agrotechnicznych mogą wpływać niekorzystnie zarówno na plon, jak i cechy jakościowe ziarna [5, 24]. W warunkach uprawy ekologicznej, ze względu na zakaz stosowania syntetycznych nawozów mineralnych oraz środków ochrony roślin, oddziaływanie na jakość ziarna jest ograniczone i sprowadza się głównie do wyboru odpowiedniej odmiany i zapewnienia optymalnego stanowiska dla jej uprawy. Mając na uwadze podstawową funkcję produkcji ekologicznej, czyli dostarczanie na rynek produktów o wysokich walorach żywieniowych, podjęto badania obejmujące kompleksową oceną przydatności do produkcji pieczywa mąki uzyskanej z ziarna pszenicy ozimej uprawianej w ekologicznym systemie produkcji. Materiał badawczy obejmował ziarno pszenicy ozimej odmian: Korweta, Mewa, Ostka Strzelecka. W doświadczeniach uwzględniono tzw. „ odmiany dawne" pszenicy ozimej Kujawianka Więcławicka, Wysokolitewka Sztywnosłoma oraz w celach porównawczych odmiany pszenicy jarej: Jasna, Koksa, Zebra i „odmianę dawną" Rokicka. Ziarno pochodziło z doświadczeń prowadzonych w latach 2005 – 2007 w obiekcie doświadczalnym IUNG – PIB w Osinach. W badaniach wykonano ocenię wartości wypiekowej z wykorzystaniem metod pośrednich obejmujących: ilość i jakości substancji białkowych, aktywność enzymów amylolitycznych i cechy reologiczne ciasta oraz w sposób bezpośredni przeprowadzając wypiek laboratoryjny i ocenę jakości pieczywa.

Mąki z ziarna badanych odmian pszenicy ozimej cechowały się dużą, jak na warunki uprawy ekologicznej, zawartością białka ogółem (10,3-11,9 %) i wydajnością glutenu mokrego (23,4-29,8 %). „Odmiany dawne" wyróżniały się większą zawartością białka i glutenu w porównaniu do odmian będących w krajowym rejestrze. Gluten z mąki większości badanych odmian pszenicy, z wyjątkiem „odmian dawnych" Rokicka i Wysokolitewka Sztywnosłoma, wykazywał optymalną do celów wypiekowych jakość. Według wymagań

jakościowych, mąka przeznaczona do wypieku chleba powinna cechować się wartością wskaźnika sedymentacyjnego Zeleny'ego nie mniejszą niż 25 cm3 [5, 16]. Mąki z ziarna większości badanych odmian pszenicy, z wyjątkiem odmiany Wysokolitewka Sztywnosłoma, spełniały to kryterium. Mąki z ziarna większości odmian pszenicy cechowały się aktywnością amylolityczną mieszczącą się w przedziale 220–280 s, który przyjmuje się jako optymalny do wypieku pieczywa [Jurga 2003]. Analiza reologiczna ciasta wykazała większe zróżnicowanie badanych cech. Istotnie najdłuższym czasem rozwoju i stałości oraz najmniejszym rozmiękczeniem cechowało się ciasto z mąki z ziarna pszenicy jarej Zebra. Dla tej odmiany uzyskano również najwyższą wartość liczby jakości mąki, będącej syntetycznym miernikiem właściwości reologicznych ciasta. Wartości liczby jakości mąk z ziarna odmian ozimych były porównywalne i mieściły się w zakresie od 37 do 65. Wartości większości cech jakościowych mąki odmian pszenicy jarej były wyższe niż odmian ozimych. Podczas oceny organoleptycznej największą liczbę punktów przyznano pieczywu z mąki odmiany pszenicy ozimej Korweta oraz odmian jarych Zebra i Koksa. Najniżej oceniono pieczywo z mąki z ziarna „odmian dawnych" Rokicka i Wysokolitewka Sztywnosłoma. Zastrzeżenia oceniających dotyczyły głównie wyglądu zewnętrznego oraz porowatości miękiszu. Na podstawie oceny punktowej do I poziomu jakości zakwalifikowano pieczywo z mąki powstałej z ziarna odmian: Koksa, Korweta i Zebra. Pieczywo z mąki pozostałych badanych odmian, z wyjątkiem „odmiany dawnej" Rokicka (III poziom jakości), zakwalifikowano do II poziomu jakości.

Przeprowadzone badania wskazują, że w warunkach uprawy ekologicznej możliwe jest uzyskanie ziarna pszenicy, z którego mąka nadaje się do produkcji pieczywa nieustępującego jakością pieczywu z surowców konwencjonalnych.

Badania prowadzone wspólnie z zespołem Zakładu Technologii Zbóż Katedry Technologii Żywności SGGW, obejmujące szersze spektrum odmian pszenicy, potwierdzają przydatność surowca ekologicznego do przetwórstwa i produkcji pieczywa. Uzyskane wyniki wskazują, że w przypadku mniejszej zawartości białka, w tym białek glutenowych w mące, przy zastosowaniu bezpośredniej metody prowadzenia ciasta, możliwe jest uzyskanie pieczywa o dobrej jakości. Wyniki te wiązać należy z wyjątkowo „mocnym glutenem" (indeks glutenu ≥ 90) otrzymywanym z maki uzyskanej z ziarna pochodzącego z produkcji ekologicznej [5, 6].

Mając na uwadze rosnące zainteresowanie żywnością ekologiczną oraz dyskusje nad jakością produktów ekologicznych i poszukiwaniem wyróżników jakościowych dla tej kategorii żywności podjęto również badania dotyczące zawartości związków bioaktywnych w pszenicy ozimej **(publikacja I.2.11)**. Celem badań było zbadanie wpływu ekologicznego systemu produkcji rolniczej na stężenie kwasów fenolowych w wybranych odmianach pszenicy ozimej i jarej.

W ziarnie wszystkich badanych odmian pszenicy zidentyfikowano pięć kwasów fenolowych: ferulowy (FA), sinapiczny (SA), *p*- kumaryczny (pCA), waniliczny (VA) i kwas *p* - hydroksybenzoesowy (pHBA). Szczegółowa analiza wyników wykazała największą zawartość kwasu ferulowego, który stanowił 85,8–89,3% całkowitej zawartości kwasów fenolowych w ziarnie pszenicy ozimej i 85,3–89,3% w odmianach pszenicy jarej. Stwierdzono większą całkowitą zawartość kwasów fenolowych oraz kwasu ferulowego i *p*-kumarowego w ziarnie pszenicy uprawianej w obiekcie ekologicznym w porównaniu do konwencjonalnego.

Odnotowano również znaczne różnice w stężeniu poszczególnych kwasów fenolowych i ich całkowitej zawartości między odmianami. Najwyższą zawartość wszystkich analizowanych związków fenolowych stwierdzono w odmianie pszenicy jarej Tybalt oraz w odmianie ozimej Kobra. Najbogatszym źródłem kwasu ferulowego i *p*- kumarowego była Rywalka. Najwyższą zawartość kwasu sinapowego, wanilinowego i *p* -hydroksybenzoesowego stwierdzono odpowiednio w odmianach: Kobra, Legenda i Bogatka.

Większe stężenie kwasów fenolowych w ziarnie pochodzącym z uprawy ekologicznej wiązać można z mniejszą jego dorodnością w porównaniu z obiektem konwencjonalnym. Dodatkowo na uzyskane wyniki mogło mieć wpływ większe porażenie pszenicy w obiekcie ekologicznym przez patogeny grzybowe oraz gorszy stan odżywienia w azot.

Badania związków fenolowych w częściach wegetatywnych wykonano w 12 odmianach pszenicy ozimej i 13 odmianach pszenicy jarej uprawianych w ekologicznym systemie produkcji **(publikacja I.2.12)**. W założeniach metodycznych uwzględniono porównanie wybranych odmian uprawianych w wariancie ekologicznym i konwencjonalnym. Materiał roślinny do analizy pobrano w fazie BBCH 47-50 (koniec fazy strzelania w źdźbło). W pracy przedstawiono szczegółowe profile kwasów fenolowych oraz ich aktywność antyoksydacyjną w wybranych odmian pszenicy ozimej i jarej. W próbkach roślin z obiektu ekologicznego odnotowano większe ilości kwasów fenolowych, a w próbkach z systemu konwencjonalnego flawonoidów. Stwierdzono równocześnie istotne różnice w stężeniu kwasów fenolowych i flawonoidów w zależności od formy pszenicy jak i odmiany. Średnie stężenia badanych związków były zdecydowanie wyższe u odmian pszenicy jarej niż w grupie odmian ozimych. Zawartość wszystkich kwasów fenolowych była najwyższa w odmianach jarych, Trappe (1377.96 ± 4.14 μg / g) i Kandela (1004,93 ± 13,24 μg / g). Spośród badanych flawonoidów, izoorientina została wykryta jako główny fenol w badanych odmianach. Odmiany jare, Kandela i Ostka Smolicka wykazały najwyższą zawartość flawonoidów (odpowiednio 13753,7 ± 72,1 i 12484,1 ± 80,7 μg / g).

Uzyskane wyniki mogą być wykorzystane w selekcji genotypów przydatnych do uprawy w warunkach rolnictwa ekologicznego. Charakterystyka profili fenolowych wiodących jakościowych odmian pszenicy jest ważna w tworzeniu programów hodowli ukierunkowanych na kształtowanie odporności nowych odmian. Większe stężenia związków fenolowych o działaniu antyoksydacyjnym w częściach wegetatywnych pszenicy może mieć znaczenie w kształtowaniu odporności roślin i ich reakcji obronnych w stosunku do czynników patogenicznych i tym samym zmniejszyć ryzyko utraty plonu i pogorszenia jego jakości.

Podsumowanie

1. W omawianych doświadczeniach średni plon ziarna pszenicy ozimej w uprawie ekologicznej, niezależnie od okresu badań, odmiany i miejscowości, wyniósł 4,34 $t*ha^{-1}$, a uzyskane plony wahały się od 2,9 do 6,1 $t*ha^{-1}$. Małe plony uzyskiwano przede wszystkim z przerzedzonych w okresie zimy zasiewów, które dodatkowo ulegały silnemu zachwaszczeniu. Plonu pszenicy uprawianej w ekologicznym systemie produkcji były

mniejsze niż w systemach: integrowanym o 36-39%, w konwencjonalnym o 20-35%, a w monokulturze o 15 %. Stwierdzono, że plony uzyskane w warunkach produkcji ekologicznej charakteryzowały się największą zmiennością w latach (V=24%) i wartość ta była porównywalna z uzyskaną dla plonów pszenicy uprawianej w monokulturze. W warunkach uprawy konwencjonalnej (w uproszczonym zmianowaniu 3 –polowym i intensywnej technologii produkcji) oraz w systemie integrowanym (w zmianowaniu typu norfolskiego) zmienność plonów pszenicy ozimej była mniejsza i wynosiła odpowiednio 16% i 14%.

2. W uprawie ekologicznej głównymi czynnikami ograniczającym wydajność pszenicy ozimej oraz zwiększającymi wahania jej plonów w latach były: większe nasilenie chorób uszkadzających liście (*Puccinia recondita i Septoria spp.*), niedostateczne zaopatrzenie roślin w składniki pokarmowe, a głównie azot oraz większe zachwaszczenie. Czynniki te zmniejszały zwartość łanu oraz powodowały wcześniejsze zamieranie roślin, prowadzące do gorszego wypełnienia ziarna.

3. Zachwaszczenie, jako podstawowy czynnik obniżający plon wstępowało głównie w przerzedzonych łanach pszenicy ozimej (słabe przezimowanie) o małej konkurencyjności w stosunku do chwastów. Stwierdzono wyraźną zależność suchej masy chwastów w łanie pszenicy ozimej od obsady i wysokości roślin oraz wielkości biomasy części nadziemnych pszenicy.

4. Pomimo wysiewu pszenicy po udanych zasiewach roślin bobowatych (w Osinach i Chomentowie – koniczyna, a w Chwałowicach bobowate grubnasienne) stwierdzono niedostateczne odżywienie roślin azotem. Nie stwierdzono jednak wyraźnej zależności pomiędzy stanem odżywienia testowanych odmian azotem, a wielkością uzyskanego plonu ziarna. Obserwacje te mogą również wskazywać, że testy stanu odżywienia roślin stosowane w rolnictwie konwencjonalnym są mniej przydatne dla upraw ekologicznych.

5. Wieloletnie badania, w których uwzględniono odmiany pszenicy ozimej o różnych cechach rolniczych i morfologicznych umożliwiły uściślenie kryteriów doboru odmian predestynowanych do uprawy w gospodarstwach ekologicznych. Odmiany takie powinny charakteryzować się: dobrą zimotrwałością, większą długością źdźbła (wyższy łan), większą odpornością na patogeny porażające liście, większą konkurencyjnością w stosunku do chwastów uwarunkowaną dobrą krzewistością i zdolnością regeneracji po intensywnym bronowaniu pielęgnacyjnym oraz bardziej poziomym (planofilnym) ustawieniem blaszek liściowych. Ważna jest również tolerancja na gorsze warunki glebowe i dobra zdolność pobierania składników nawozowych z gleby.

6. Nie potwierdziło się założenie, że odmiany pszenicy ozimej będące aktualnie w doborze (tzw. odmiany intensywne) są mniej przydatne do uprawy ekologicznej. Odmiany te plonowały o ponad 30% wyżej od tzw. „dawnych odmian" (Ostka Kazimierska, Kujawianka

Więcławicka, Wysokolitewka Sztywnosłoma). Cechą istotnie ograniczającą plonowanie „dawnych odmian" było silnie porażenie przez patogeny grzybowe podstawy źdźbła i liści.

7. Mąki z ziarna badanych odmian pszenicy ozimej cechowały się dużą, jak na warunki uprawy ekologicznej, zawartością białka ogółem (10,3-11,9 %) i wydajnością glutenu mokrego (23,4-29,8 %). „Odmiany dawne" wyróżniały się większą zawartością białka i glutenu w porównaniu do odmian będących w krajowym rejestrze. Gluten z mąki większości badanych odmian pszenicy, z wyjątkiem „odmian dawnych" Rokicka i Wysokolitewka Sztywnosłoma, wykazywał optymalną do celów wypiekowych jakość. W warunkach uprawy ekologicznej możliwe jest uzyskanie ziarna pszenicy, z którego mąka nadaje się do produkcji pieczywa nieustępującego jakością pieczywu z surowców konwencjonalnych.

8. Stwierdzono większą całkowitą zawartość kwasów fenolowych oraz kwasu ferulowego i *p*-kumarowego w ziarnie pszenicy uprawianej w obiekcie ekologicznym w porównaniu do konwencjonalnego. Odnotowano również znaczne różnice w stężeniu poszczególnych kwasów fenolowych i ich całkowitej zawartości między odmianami.

9. Badania związków fenolowych w częściach wegetatywnych wykazały większe ilości kwasów fenolowych w próbkach pszenicy ozimej z obiektu ekologicznego, a flawonoidów w próbkach z systemu konwencjonalnego. Stwierdzono istotne różnice w stężeniu kwasów fenolowych i flawonoidów w zależności od formy pszenicy jak i odmiany. Średnie stężenia badanych związków były wyższe u odmian pszenicy jarej niż w grupie odmian ozimych.

Znaczenie omówionych badań polega na wykorzystaniu wyników m.in. w formułowaniu opinii na temat wydajności roślin w rolnictwie ekologicznym, wykorzystaniu tych informacji w kształtowaniu wysokości i form wsparcia dla rolnictwa ekologicznego. Zagadnienia badawcze przedstawione w wybranym cyklu prac dały podstawę do współpracy z wieloma interdyscyplinarnymi zespołami w IUNG - PIB oraz innymi ośrodkami naukowymi i uczelniami. Istotnym efektem prac jest m.in. stworzenie i wdrożenie wspólnie z COBORU systemu Ekologicznego Doświadczalnictwa Ekologicznego (EDO), który jest jedynym instytucjonalnym systemem oceny odmian dla potrzeb rolnictwa ekologicznego. Doświadczenia z prac opisanych w osiągnieciu i pozostałym dorobku posłużyły do wypracowania założeń i wdrożenia w praktyce systemu EDO (stworzenia bazy badawczej w różnych rejonach kraju, opracowania metodyki badań). Stworzenie sieci doświadczeń EDO umożliwia prowadzenie szczegółowych badań ukierunkowanych na rozwiązywane problemów rolnictwa ekologicznego. Obiekty doświadczalne spełniają jedocześnie funkcje demonstracyjną oraz stanowią bazę do wymiany informacji między firmami hodowlanymi, gospodarstwami nasiennymi i producentami.
Uzyskane wyniki mogą być wykorzystane do ukierunkowania programów hodowli zbóż na potrzeby rolnictwa ekologicznego oraz rozwoju produkcji nasiennej w jakości ekologicznej.

Literatura uzupełniająca

1. Adom K. K., Sorrells M. E., Liu R. H. 2003. Phytochemical profiles and antioxidant activity of wheat varieties. 2003. J Agric. Food Chem. 51(26), 7825=7834.
2. Arncken, C.M., Mäder, P., Mayer, J. and Weibel, F., 2012: Sensory, yield and quality differences between organically and conventionally grown winter wheat. *Journal of the Science of Food and Agriculture,* 92: 2819-2825.
3. Bartnik M.: 1994. Wartość żywieniowa i technologiczna ekologicznych zbóż i przetworów zbożowych. Przegl. Piek. i Cuk. 42 (12), 32.
4. Burda S., Oleszek W., Junkuszew M. 2001. Przeciwutleniające właściwości ekstraktów z ziarna zbóż. Konferencja SIiTPS, Warszawa 2001.
5. Cacak-Pietrzak G.: 2011. Studia nad wpływem ekologicznego i konwencjonalnego systemu produkcji roślinnej na wartość technologiczną wybranych odmian pszenicy ozimej. Wyd. SGGW, Warszawa.
6. Cacak-Pietrzak G.: 2008. Wykorzystanie pszenicy w różnych gałęziach przemysłu spożywczego – wymagania technologiczne. Przegl. Zboż.-Młyn. 52(11), 11-13.
7. Chyłek E. K., Kopiński J., Madej A., Matyka M., Ostrowski J., Piórkowski H., 2017. Uwarunkowania i kierunki rozwoju Biogospodarki w Polsce. MRiRW-ITP., Warszawa-Falenty, ss. 190.
8. Eisele J.-A., Köpke U. 1997. Choice of cultivars in organic farm¬ing: New criteria for winter wheat ideotypes. Pflanzenbau¬wissenschaften 1: 19–24.
9. Fotyma M., Kuś J. 1997. Oddziaływanie rolnictwa na środowisko glebowe. Materiały konferencji naukowej pt. "Ochrona i wykorzystanie przestrzeni produkcyjnej Polski" Puławy 3-4 czerwiec, Wyd. IUNG, k,12,1,155-171.
10. Grajek W., (pod red.), 2007. Przeciwutleniacze w żywności Aspekty zdrowotne technologiczne molekularne analityczne. WNT, Warszawa.
11. Gransedt A., Kjellenberg L., Roinila P., 1997. Long term field experiment in Sweden: Effects of organic and inorganic fertilizers on soil fertility and crop quality. In: Proc. Of the nf Con on Agric. Production and Nutrition. Boston, MA, USA: 79-90
12. Grzesiuk S., Kulka K. 1981. Fizjologia I biochemia nasion. PWRiL. Warszawa 1981, str. 282-285.
13. Jończyk K., 2010. Problemy agrotechniki w rolnictwie ekologicznym. Studia i Raporty IUNG-PIB, 26: 51 – 61.
14. Jończyk K., Stalenga J.,2010. Możliwości rozwoju różnych systemów produkcji rolniczej w Polsce. Studia i Raporty IUNG-PIB z. 22 s. 87-99.
15. Jończyk K., Stalenga J., Bogdanowicz A., 2007. Wpływ Użyźniacza Glebowego na plonowanie pszenicy ozimej uprawianej w ekologicznym systemie produkcji. Wybrane zagadnienia ekologiczne we współczesnym rolnictwie. Monografia, tom 4, PIMR Poznań, 175-180.
16. Jurga R., 2003. Przemiał ziarna pszenicy. Przegl. Zboż.-Młyn. 47(7), 39–40.
17. Kondracki J. 1994. Mezoregiony fizyczno-geograficzne. PWN, Warszawa.
18. Kuś. J., 1996. Systemy gospodarowania w rolnictwie – rolnictwo ekologiczne. ss. 3-63, Wyd. IUNG 45/95.
19. Krasowicz S.: Analiza i ocena gospodarstw ekologicznych, integrowanych i tradycyjnych rejonie Polski północno – wschodniej na tle warunków przyrodniczych i ekonomicznych rolnictwa. Wyd. IUNG Puławy 1996, ser. H (11)
20. Kuś J., 2013. Specjalizacja gospodarstw rolnych i jej konsekwencje produkcyjne, ekonomiczne i siedliskowe. Studia i Raporty IUNG-PIB, 32: 167-185.
21. Kuś J., Jończyk K., 2018. Produkcyjne i środowiskowe skutki stosowania różnych systemów gospodarowania w Osinach. Eksperymenty wieloletnie w badaniach rolniczych w Polsce. Monografia pod red. Prof. dr hab. Marka Marksa, Olsztyn, ISBN 978-83-8100-132-8: 133-156.
22. Lemerle D., Smith A., Verbeek B., Koetz E., Lockley P., Martin P., 2006. Incremental crop tolerance to weeds: a measure for selecting competitive ability in Australian wheat. Euphytica,149, 85-95. https://doi.org/10.1007/s10681-005-9056-5.

23. Lemerle D., Verbeek B., Cousens R.D., Coombers N.E. 1996. The potential for selecting wheat varieties strongly competitive against weeds. Weed Res. 36 (6): 505–513.
24. Langenkämper, G., Zörb, C., Seifert, M., Mäder, P., Fretzdorff, B. and Betsche, T., 2012: Nutritional quality of organic and conventional wheat. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 80: 150-154.
25. Mäder Paul, Mayer Jochen., 2014. Was Langzeitversuche für die Biolandbauforschung bedeuten. ÖKOLOGIE & LANDBAU Nr. 170, 2/2014, Seite 45-47
26. Majewski E. 2002. Ekonomiczno-organizacyjne uwarunkowania rozwoju Systemu Integrowanej Produkcji Rolnej (SIPR) w Polsce. Rozprawy Naukowe i Monografie. Wyd. SGGW Warszawa.
27. Marciniak A., Obuchowski W., 2007. Prozdrowotne właściwości produktów zbożowych. Przegl. Piek. Cuk., 2, 12-15.
28. Matt D., Rembialkowska E., Luik A., Peetsmann E., Pehme S., 2011. Report Quality of Organic vs. Conventional Food and Effects on Health. Estonian University of Life Sciences.
29. Mayer, J., Gunst, L., Mäder, P., Samson, M., Carcea, M., Narducci, V., Thomsen, I. and Dubois, D., accepted, 2015. Productivity, quality and sustainability of winter wheat under long-term conventional and organic management in Switzerland. *European Journal of Agronomy.*
30. *Raport o stanie rolnictwa ekologicznego w Polsce w latach 2015-2016. IJHARS, Warszawa 2017, www.ijhars.gov.pl*
31. *Raporty i analiz, 2018. IJHARS, Warszawa, https://ijhars.gov.pl/raporty-i-analizy.html*
32. Rasmussen, J., H. H. Nielsen, et al.,2009. "Tolerance and selectivity of cereal species and cultivars to postemergence weed harrowing." Weed Science 57(3): 338-345.
33. Runowski H.2009. Rolnictwo ekologiczne – rozwój czy regras. Rocz. Nauk Rol., 2009, Seria G, T. 96 z. 4:182-193.
34. Seufert V., Ramankutty N., &Foley J.A., 2012. Comparing the yields of organic and conventional agriculture. Nature 485,229–232.
35. Solarska E., Jończyk, K., 2003. Ocena skuteczności działania preparatu BIOSEPT 33SL w pszenicy ozimej uprawianej w systemie ekologicznym. Jurnal of Research and Applications in Agricultural Engineering, Vol. 48 (3), 20-23.
36. Stalenga J., 2002. Zastosowanie testu SPAD do oceny stanu odżywienia azotem pszenicy ozimej w różnych systemach produkcji roślinnej. Nawozy i Nawożenie, 2002, 2 (11): 137-144.
37. Stalenga J., 2007. „Applicability of different indices to evaluate nutrient status of winter wheat in the organic system". Journal of Plant Nutrition, 30: 351-365.
38. Szeflińska D., Jastrzębski A., Karg J., 2003. Impact of different crop management systems on the richness of the communities of the above ground insects and soil insect larvae. Bull. Pol. Acad. Sci., 51(1), 35-50.
39. Wicks G.A., Nordquist P.T., Baenziger P.S., Klein R.N., Roger H.H., Watkins J.E., 2004. Winter wheat cultivar characteristics affect annual weed suppression. Weed Technol., 18(4), 988-998. https://doi.org/10.1614/WT-03-158R1.
40. Wolfe M.S., Baresel J.P., Desclaux D., Goldringer I., Hoad S., Kovacs G., 2008. Developments in breeding cereals for organic agriculture. Euphytica,163(3), 323–346. https://doi.org/ 10.1007/ s10681-008-9690-9.
41. Zegar J. S., 2014. Alternatywne formy rolnictwa w strategii rozwoju sektora rolno-żywnościowego i obszarów wiejskich. Synteza. (W:) Z badań nad rolnictwem społecznie zrównoważonym. IERiGŻ- PIB (PW 2011-2014), 136: ss. 60

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

Wskaźniki oceny mojej działalności naukowej zostały zamieszczone w wykazie osiągnięć w załączniku nr 3. Poniżej przedstawiam opis mojego dotychczasowego dorobku naukowego z podziałem na obszary badawcze oraz informacje o działalności dydaktycznej i upowszechnieniowej wraz z podsumowaniem działalności naukowo-badawczej.

Początek mojej pracy naukowej związany jest z udziałem w pracach badawczych Katedry Mikrobiologii Rolniczej, Akademii Rolniczej w Krakowie. W katedrze tej uczestniczyłem w pracach, kierowanych przez prof. dr hab. Bolesława Smyka, związanych z wpływem nawożenia na aktywność mikrobiologiczną gleb w tym występowanie nitrozoamin. W roku 1987 uzyskałem tytuł magistra na podstawie egzaminu i pracy magisterskiej pt.: „Wpływ stosowania mineralnych nawozów NPK na występowanie grzybów toksynotwórczych w górskich ekosystemach trawiastych".

Po zakończeniu studiów odbyłem staż w Instytucie Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa IUNG zapoznając się z problematyką badawczą Instytutu, techniką i metodologią prowadzenia doświadczeń polowych. Od 1989 roku zatrudniony zostałem, początkowo na stanowisku rolnika, a od 1990 r. jako asystent w Zakładzie Przyrodniczych Podstaw Zmianowania Roślin uczestnicząc w pracach badawczych pod kierunkiem prof. dr hab. Jana Kusia. W początkowym okresie pracy zajmowałem się problematyką płodozmianową z uwzględnieniem roli stanowiska i zmianowania w produkcyjności zbóż. Zakres badań, w których uczestniczyłem przed uzyskaniem stopnia doktora (lata 1990-1996), obejmował wpływ wybranych czynników agrotechnicznych na plonowanie zbóż. Ciekawym i nowatorskim elementem tych badań było wykorzystanie w planowaniu i realizacji doświadczeń polowych modelu doświadczeń wieloczynnikowych w układzie z replikacją połówkową. Badania te prowadzone były we współpracy z Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg w Niemczech. Zastosowany model umożliwiał ocenę efektów głównych i interakcji 7 badanych czynników bez konieczności tworzenia rozbudowanych układów doświadczalnych. Wyniki prac uzyskane w tym okresie zostały opublikowane w publikacjach, których byłem autorem lub współautorem [II.D.1, II.D.2, II.D.7, II.D.8, IID.11, II.D13] i materiałach konferencyjnych i szkoleniowych [II.D.90, II.D.92, III.I.2.]. Cześć wyników prezentowałem na konferencjach i seminariach [II.K.1, II.K.2, II.K.12, II.B.2]. Zakres moich zainteresowań dotyczył również oceny cech struktury plonu zbóż i możliwości ich wzajemnej kompensacji w zależności od uwarunkowań agrotechnicznych i środowiskowych. Wyniki dotyczące tej problematyki zostały opublikowane w pracach [II.D.2, II.D.3]. Elementem aktywności upowszechnieniowej i szkoleniowej związanej z uzyskanymi pracami oraz problematyką badawczą był udział w szkoleniach z zakresu integrowanej produkcji oraz warsztaty, których byłem organizatorem m.in. jeden z pierwszych w Polsce pokazów różnych systemów uprawy roli z wykorzystaniem gruberów, oraz systemu uprawy i siewu firmy Horsch [str. 47]. W roku 1996 na podstawie pracy pt.: „ Oddziaływanie siedmiu czynników agrotechnicznych na plonowanie pszenicy ozimej w doświadczeniach z replikacją połówkową", uzyskałem stopień doktora nauk rolniczych w zakresie agronomii.

Po uzyskaniu stopnia doktora problematyka badawcza, którą zajmowałem się dotyczyła następujących zagadnień:

1. **Oddziaływania wybranych czynników agrotechnicznych na plonowanie zbóż;**
2. **Uproszczeń w organizacji produkcji roślinnej i ich skutków produkcyjnych i środowiskowych;**
3. **Produkcyjnych i środowiskowych następstw różnych systemów produkcji rolniczej**,
4. **Rolnictwa ekologicznego.**

Ad 1. Badania prowadzone w tym zakresie tematycznym dotyczą kontynuacji i podsumowania prac, którymi zajmowałem się przed doktoratem i związane są z oceną w różnych warunkach siedliskowych wybranych czynników agrotechnicznych. W badaniach wykorzystano model doświadczeń wieloczynnikowych w replikacji połówkowej. Zastosowanie w doświadczeniach tego modelu umożliwiło testowanie 7 czynników, z których każdy występował na dwóch poziomach. W zależności od okresu badań oraz gatunku zboża (pszenica ozima, żyto) były to: przedplon, dobór odmiany, termin siewu, poziom nawożenia azotem, stosowanie fungicydów, sposób stosowania azotu, dokarmianie nawozami wieloskładnikowymi, stosowanie antywylegacza, stosowanie biostymulatora. Z pszenicą ozimą wykonano 3 serie doświadczeń w 4 miejscowościach (I seria w latach 1987-1989, II seria w okresie 1990-1993, III w latach 1994-1997). Doświadczenia zakładano na glebach pszennych dobrych – kompleks 2 i żytnich bardzo dobrych – kompleks 4. Spośród badanych czynników agrotechnicznych, w syntezach z poszczególnych serii doświadczeń, udowodniłem istotny wpływ na plonowanie pszenicy ozimej: przedplonu, zwalczania chorób grzybowych, stosowania antywylegacza, terminu siewy i doboru odmian. Analiza wyników uzyskana z obiektów o najwyższych plonach pozwoliła na wydzielenie kombinacji czynników (wariantów technologii), które warunkowały w każdym roku uzyskiwanie wysokich plonów – 7,0 – 7,3 $t*ha^{-1}$ na glebach żytnich bardzo dobrych i 8,3 – 9,3 $t*ha^{-1}$ na glebach pszennych dobrych. Czynniki warunkujące taką wydajność to: pełna chemiczna ochrona, stosowanie antywylegacza oraz optymalny termin siewu. Stwierdziłem jednocześnie, że obniżek plonu spowodowanych uprawą pszenicy ozimej po złym przedplonie (jęczmień jary) lub wysiewem w terminie opóźnionym nie kompensowały skutecznie inne badanie zabiegi agrotechniczne (zwiększone nawożenie azotem, wyższe normy wysiewu, stosowanie fungicydów i antywylegacza ani współdziałanie tych zabiegów). Stosowanie pełniej ochrony przed chorobami grzybowymi (obejmującej podstawę źdźbła, liście i kłosy) w porównaniu do wariantu bez ochrony lub z ograniczoną ochroną (1 zabieg w fazie kłoszenia) w każdym roku badań powodowało istotny wzrost plonów. Efektem pełnej ochrony stosowanej w I serii był wzrost plonu o 14% w porównaniu do obiektu bez stosowania fungicydów. W II serii wzrost plonów na obiektach z pełna ochrona (3 zabiegi) wyniósł 10-11% w porównaniu do kombinacji z ochrona ograniczoną (1 zabieg w fazie kłoszenia).

Badania z żytem przeprowadzono w latach 1990-1994 i zlokalizowano je w 2 miejscowościach na glebach kompleksu żytniego dobrego. W doświadczeniach wykorzystano układ doświadczeń wieloczynnikowych w replikacji połówkowej uwzględniając 7 czynników na 2 poziomach (termin siewu – wczesny i opóźniony, dawkę azotu – 60 i 90 kg N/ha, sposób

aplikacji azotu – doglebowo i doglebowo + dolistnie, stosowanie nawozu INSOL 3 – bez i w fazie GS 30- 50, stosowanie fungicydów – bez i 2 zabiegi, stosowanie antywylegacza – bez i Flordimex T, zaprawianie nasion – bez i Baytan 19,5 DS). Uzyskane wyniki wykazały, że na glebach kompleksu 5 można uzyskać plony żyta na poziomie 5,0-6,8 $t*ha^{-1}$. Analiza oddziaływania badanych czynników pozwoliła stwierdzić, że nieodzownymi elementami wysokowydajnych technologii uprawy żyta powinny być: ochrona przed chorobami grzybowymi, nawożenie w dawce 90 kg N/ha, stosowanie w lepszych stanowiskach retardanta. Wyniki badań pokazują jednocześnie, że zarówno w przypadku pszenicy ozimej jak i żyta chemiczna ochrona przed chorobami grzybowymi była bardzo skuteczna. Dodatkowo ochrona przed chorobami grzybowymi pozwala na efektywne wykorzystanie pozostałych elementów agrotechniki, takich jak nawożenie oraz poprawę jakości plonu.

W nawiązaniu do uzyskanych wyników oraz przeglądu literatury na temat problematyki znaczenia i oddziaływania poszczególnych elementów agrotechniki w produkcji pszenicy ozimej podjąłem próbę przedstawienia pojęcia kompleksowości technologii jako integrację metod wykorzystywanych w uprawie pszenicy ozimej. W publikacji dotyczącej tego problemu zwróciłem uwagę, że nie można realizować produkcji rolniczej jednostronnie bez rozeznania współdziałania poszczególnych elementów technologii i ich wpływu na możliwe zagrożenia dla środowiska przyrodniczego [II.D.18].

Uzyskane w ramach omówionego zakresu tematycznego wyniki badań zostały opublikowane w naukowych w czasopismach z kategorii B [II.D.1 – II.D.8, II.D.10, II.D.11, II.D.13, II.D.16, II.D.17, II.D.18] oraz przedstawione w formie referatu i materiałów konferencyjnych, posterów [II.K.1, II.K.14] Wyniki wykorzystano również w opracowaniu materiałów szkoleniowych i upowszechnieniowych [II.K.1, I.K.14]. Szczegółowe wyniki powyższych badań przedstawiłam także w monografii [II.D.66].

Ad.2. W produkcji roślinnej coraz powszechniej wprowadzane są upraszczania w gospodarce płodozmianowej i uprawie roli. Konsekwencją takiego postępowania jest wzrost zachwaszczenia, nasilone występowanie specyficznych chorób i szkodników, a w efekcie spadek wydajności poszczególnych gatunków i całych zmianowań. W celu przeciwdziałania tym niekorzystnym zjawiskom stosuje się, między innymi, uprawę międzyplonów. Szczególna rola międzyplonów wynika z ich wielostronnego oddziaływania na biologiczne i fizyko-chemiczne właściwości gleby. We współczesnym rolnictwie międzyplony w większym stopniu traktowane są jako element proekologiczny w organizacji produkcji roślinnej, niż źródło paszy. Wzrasta ich znaczenie, jako czynnika poprawiającego stan sanitarny gleby oraz wzbogacającego ją w substancję organiczną, a także ograniczającego straty (wymywanie) azotu i nasilenie procesów erozyjnych. W ramach omawianego obszaru tematycznego brałem udział w badaniach nad oceną wpływu międzyplonów ścierniskowych oraz sposobu ich przyorywania na plonowanie roślin oraz zawartość mineralnych form azotu w glebie.

W latach 1997-1994 uczestniczyłem jako wykonawca w projekcie, w którym prowadzono ocenę oddziaływania międzyplonów i sposobu jego uprawy na plonowanie jęczmienia jarego. W metodyce doświadczeń uwzględniono: zróżnicowane warunki siedliskowe (doświadczenia zakładano na glebach kompleksu 2 i 4), różne przedplony

(okopowe, jęczmień jary, jęczmień jary + międzyplon), różne rośliny uprawiane w poplonie (gorczycę, rzepak jary) oraz termin przyorania międzyplonu (jesienny pod orkę przedzimową i mulcz na okres zimy). Uzyskane wyniki wskazują, że w sprzyjających warunkach do wzrostu międzyplonów i mineralizacji jego resztek po wprowadzeniu do gleby przyrosty plonu jęczmienia, w porównaniu do stanowiska po jęczmieniu jarym sięgały 0,5 $t*ha^{-1}$. Stwierdzono jednak, że w żadnym przypadku włączenie międzyplonów do zmianowania nie było w stanie całkowicie skompensować obniżek plonu spowodowanych uprawą zbóż po sobie. Uprawa międzyplonów zdecydowanie ogranicza niebezpieczeństwo wymywania związków azotu (głównie azotanów) z gleby w okresie jesienno-zimowym. Jesienią po zakończeniu wegetacji na obiektach z międzyplonami ilość $N\text{-}NO_3$ była mniejsza niż na kontroli, wiosną natomiast więcej azotanów stwierdzano w glebie po przyoraniu międzyplonów.

Kontynuacją omawianej problematyki badawczej były prace wykonywane w latach 1995-1998. Celem badań była ocena wpływu międzyplonów i sposobu uprawy roli na plonowanie jęczmienia jarego i kukurydzy oraz zawartość azotu mineralnego w glebie. W badaniach uwzględniono sposób uprawy pod międzyplon (orka i gruger), termin przyorania międzyplonu (orka przedzimowa i mulcz na okres zimy), gatunek roślin uprawianych w międzyplonie (gorczyca biała i rzepak jary). Uprawa międzyplonów zwiększała plon ziarna jęczmienia o około 3-5 %, nie różnicowała natomiast wydajności kukurydzy. Pożniwna uprawa gruberem spowodowała obniżkę plonów międzyplonów w porównaniu do uprawy płużnej, dodatkowo w ich biamasie większy udział stanowiły samosiewy roślin przedplonowych i chwastów. Mulczowanie powierzchni gleby poplonami na okres zimy, w porównaniu do przedzimowego ich przyorania, zwiększało zachwaszczenie i obniżało plony roślin następczych. Na obiektach z międzyplonami, w porównaniu do kontroli, stwierdzono jesienią mniejszą zawartość azotanów w glebie o 40-50%, natomiast wiosną większą o 10-20%. Uzyskane wyniki wykazały, że uprawa międzyplonów w istotny sposób ograniczała niebezpieczeństwo wymywania azotanów z gleby w okresie jesienno-zimowym

Wyniki badań z tego zakresu wydane zostały w publikacjach [II.D.9, IID.14, II.D.19, II.D.20,], monografiach [II.D.71, II.D.83] materiałach konferencyjnych [II.D.91, II.D.92] i szkoleniowych [III.I.1.,III.I.12, III.I.14]. Wykonane badania wykorzystano również w formułowaniu opinii nt. wdrażania pakietów rolno środowiskowych i rekomendacji rozwiązań agrotechnicznych spełniających założenia tzw. konserwującej uprawy roli.

Ad 3. Badania prowadzone w tym obszarze tematycznym stanowią znaczący udział w moich zainteresowaniach naukowych, były one jednocześnie źródłem wyników uzyskanych w znacznej część tematów badawczych i projektów realizowanych samodzielnie lub w zespołach interdyscyplinarnych [II.I.1, II.I.2, II.I.31–35, II.I.40]. Specyfika badań rolniczych szczególnie w zakresie analizy różnych systemów gospodarowania i ich oddziaływania na środowisko wymaga prowadzenia wieloletnich obserwacji i stworzenia bazy badawczej, która zapewni wszechstronne źródło informacji. W powstaniu takiej bazy w IUNG – PIB w gospodarstwie Osiny k/Puław uczestniczyłem w roku 1994 r. i aktualnie prowadzę stały

nadzór nad jej funkcjonowaniem. (opis obiektu doświadczalnego oraz głównych założeń metodycznych związanych z jego prowadzeniem przedstawiłem w części dotyczącej osiągnięcia naukowego. Wieloletnie badania polowe są niezbędnym źródłem wiedzy umożliwiającym monitorowanie zmian w środowisku glebowym z zakresu żyzności i biologii gleby, wyjaśnienia tych zmian oraz powiązania ich z długotrwałym stosowaniem zabiegów agrotechnicznych. Obiekty te są idealnym poligonem badań dla wielu dyscyplin z zakresu nauk rolniczych, i niezastąpionym źródłem wyników służących m.in. walidacji różnorodnych modeli opisujących np.: wzrost i rozwój roślin, występowanie patogenów grzybowych, obiegu składników pokarmowych, zmiany żyzności gleby itp. Omawiane w tej części dorobku wyniki stanowią jednocześnie cenną bazę danych wykorzystywaną w przygotowaniu opinii i ekspertyz z zakresu m.in.: oceny efektów produkcyjnych i środowiskowych różnych form gospodarowania, szacowania bilansów i strat składników pokarmowych, wdrażania wybranych rozwiązań agrotechnicznych do praktyki.

Wyniki uzyskane w omawianym zakresie badań dotyczą wieloletnich prac, których wartość polega na wielowątkowej ocenie różnych systemów produkcji roślinnej. Analiza wyników umożliwiła jednocześnie zaobserwowanie i wskazanie zjawisk, których ocena i formułowanie uogólnień wymaga dłuższej perspektywy czasowej (dotyczy to np. trendów produkcyjności, zmian zawartości materii organicznej i innych wskaźników żyzności gleb). Syntetyczny opis osiągnięć i wyników omawiam odnosząc je do wymienionych wyżej bardziej szczegółowych zagadnień:

Produkcyjność roślin oraz wydajność zmianowań.

Badania dotyczące tego zakresu tematycznego prowadziłem w obiekcie doświadczalnym w Osinach w latach 1996 – 2016. Omawiane prace prowadziłem w ramach: statutowych projektów badawczych IUNG – PIB, dotacji MRiRW do badań w rolnictwie ekologicznym, indywidualnych projektów badawczych, projektów w ramach współpracy międzynarodowej. W projektach tych byłem kierownikiem lub głównym wykonawcą, pełną listę projektów zawiera załącznik 3.

Wyniki dotyczące plonowania zbóż wskazują, że były one największe w systemie integrowanym oraz konwencjonalnym. Jednak w systemie konwencjonalnym, gdzie występuje uproszczone zmianowanie, a nawożenie organiczne jest ograniczone do słomy, konieczne jest stosowanie pod zboża (pszenica ozima i jara) większych dawek nawozów azotowych o około 35 kg N/ha oraz na pszenicę ozimą dodatkowo jednego zabiegu herbicydowego i fungicydowego więcej niż w uprawie integrowanej.

Pszenica ozima. Największy plon ziarna pszenicy ozimej 6,68 $t \cdot ha^{-1}$, średnio za okres 20 lat, uzyskano w systemie integrowanym, w którym pszenica była uprawiana po roślinach bobowatych. Zbliżonej wielkości plon uzyskano w systemie konwencjonalnym, gdzie pszenicę wysiewano w 3-polowym zmianowaniu po rzepaku stosując intensywną technologię produkcji. W monokulturze pomimo stosowania intensywnej technologii produkcji, plon ziarna średnio za 20 lat, wynosił 5,09 $t \cdot ha^{-1}$ i był o 1,59 $t \cdot ha^{-1}$ (o 24%) mniejszy niż w systemie integrowanym. W systemie ekologicznym plon pszenicy ozimej wysiewanej

po koniczynie z trawą użytkowanej dwa lata, średnio za 20 lat, wynosił 4,41 $t \cdot ha^{-1}$, czyli był mniejszy o 2,27 $t \cdot ha^{-1}$ (34%) niż w systemie integrowanym oraz o 0,68 $t \cdot ha^{-1}$ (13%) mniejszy w porównaniu do monokultury.

Plonowanie zbóż jarych (jęczmień i pszenica). Zróżnicowanie plonów jęczmienia jarego uprawianego w porównywanych systemach było stosunkowo małe.

Jęczmień wysiewany w latach 1996-2004 w systemie integrowanym po ziemniakach nawożonych kompostem plonował tylko o 3% wyżej niż w systemie konwencjonalnym, w którym stosowano intensywną technologię jego produkcji. W systemie ekologicznym jęczmień jary z wsiewką koniczyny z trawami uprawiano po ziemniakach nawożonych kompostem. Plon ziarna jęczmienia w tym stanowisku był o 15% mniejszy niż w systemie integrowanym, a w poszczególnych latach różnice wahały się od 0% do 40% . Czynnikiem obniżającym wydajność jęczmienia w tym obiekcie oraz zmienności plonów w latach był nadmierny wzrost wsiewki koniczyny z trawami, która przerastała łan jęczmienia powodując straty w trakcie zbioru. Pszenica jara reagowała znacznie większym zróżnicowaniem plonów na uprawę w ocenianych systemach, w porównaniu z jęczmieniem jarym. Największy jej plon 5,4 $t \cdot ha^{-1}$, uzyskano w systemie integrowanym. W systemie konwencjonalnym, gdzie pszenicę jarą wysiewano po pszenicy ozimej, jej plon był mniejszy średnio o 10%. Bardzo słabo plonowała pszenica jara w systemie ekologicznym, średni jej plon za okres 11 lat wyniósł tylko 3,7 $t \cdot ha^{-1}$, czyli o 40% mniej niż w systemie integrowanym. Mniejszy plon pszenicy jarej w systemie ekologicznym był następstwem niższej o około 25% zwartości łanu, w porównaniu do systemu integrowanego, pomimo stosowania takiej samej normy wysiewu zbóż na wszystkich obiektach. Na obiekcie tym mniejsza o około 25% była również masa 1000 ziaren. Należy zakładać, że podstawowym czynnikiem obniżającym plony obu gatunków zbóż jarych w systemie ekologicznym był deficyt azotu. Dodatkowo bardzo udana we wszystkich latach badań wsiewka koniczyny z trawami mogła również konkurować z zbożami o składniki pokarmowe i wodę.

Ziemniak. Przeciętny plon ziemniaka za okres 20 lat, średnio dla kilku odmian, w systemie integrowanym wyniósł 37,3 $t \cdot ha^{-1}$ i był o około 32% większy niż w uprawie ekologicznej. W obu systemach stwierdzono duże wahania plonów w latach, współczynnik zmienności w przypadku uprawy ekologicznej wyniósł 35%, a w integrowanej 29%. Wielkość obniżki plonu ziemniaka w uprawie ekologicznej w latach zależała głównie od terminu wystąpienia zarazy ziemniaka *(Phytophthora infestans)* i tempa jej rozwoju uwarunkowanego przebiegiem pogody. Skuteczność preparatów miedziowych, możliwych do stosowania w rolnictwie ekologicznym, w warunkach dużej presji tej choroby była ograniczona.W systemie ekologicznym, obok mniejszego plonu, istotnie mniejszy był udział bulw dużych stanowiących plon handlowy.

Wydajność w jednostkach zbożowych. Najwyższą produkcyjność wynoszącą 62 jednostki zbożowe z 1 ha, średnio za okres 15 lat, uzyskano w systemie ekologicznym i integrowanym. W systemie konwencjonalnym średnia wydajność była mniejsza o 10%, a monokultury pszenicy ozimej o 24%. Bardzo ważnym elementem systemu ekologicznego jest mieszanka koniczyny z trawami, której wydajność średnio w całym cyklu badań (15 lat) wynosiła w pierwszym roku użytkowania 108 j.z., zaś w drugim roku 59 j. zb. z 1 ha. W tym samym

systemie plon ziemniaka wynosił 62 j.z., zaś zbóż około 40 j. zb. z 1 ha. Uzyskane wyniki pokazują jakie znaczenie w ekologicznym systemie produkcji mają rośliny bobowate drobnonasienne zarówno w kontekście produkcyjności ale również: kształtowania zasobów azotu, poprawie bilansu glebowej materii organicznej, zwiększaniu aktywności biologicznej gleby oraz ograniczaniu rozwoju chwastów jednorocznych i dwuletnich. W systemie integrowanym największą produkcyjnością wyróżniał się ziemniak, zaś najniższą rośliny bobowate grubonasienne, których różne gatunki uprawiano w kolejnych latach (łubin biały i wąskolistny oraz bobik)). Zmienność ich plonów w latach była bardzo duża, a głównym czynnikiem wpływającym na ich produkcyjność był rozkład opadów w okresie zawiązywania strąków. W systemie konwencjonalnym wydajność w jednostkach zbożowych rzepaku i pszenicy ozimej była zbliżona, a zdecydowanie mniejsza zbóż jarych. Wydajność monokultury pszenicy była we wszystkich rotacjach zdecydowanie najmniejsza.

Czynniki ograniczające plonowanie roślin

Przeprowadzone badania wskazują, że najwięcej czynników limitujących plonowanie występowało w systemie ekologicznym. W przypadku zbóż podstawowe znaczenie miało porażenie liści przez choroby grzybowe oraz gorsze odżywienie roślin azotem. Średni indeks porażenia liści pszenicy w fazie dojrzałości mlecznej w uprawie ekologicznej był nawet 4-krotnie większy niż na obiektach chronionych fungicydami. W konsekwencji uzyskiwano mniejszą obsadę kłosów i gorsze wypełnienie ziarna. Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że obniżki te można częściowo ograniczyć poprzez dobór odmian, natomiast stosowanie preparatów biologicznych (EM, UG max) miało ograniczoną skuteczność. Na zbożach w obiekcie ekologicznym żadnego roku nie stwierdzano nasilonego występowania szkodników (mszyce, skrzypionki itp.). Efekt ten można wiązać z ponad 2-krotnie większą populacją owadów drapieżnych, a głównie biegaczowatych, w porównaniu do pszenicy uprawianej w innych systemach. W monokulturze pszenicy ozimej podstawowym czynnikiem ograniczającym wielkość plonu były chorób podstawy źdźbła. Zastosowanie preparatów ukierunkowanych na zwalczanie łamliwości źdźbła oraz specjalistycznych zapraw zwalczających zgorzel podstawy źdźbła, częściowo ograniczało nasilenie tych chorób ograniczając spadki plonów.

W całym okresie badań jedynie w 5 latach zachwaszczenie można uznać za czynnik istotnie obniżający plon ziarna pszenicy ozimej w uprawie ekologicznej, gdyż sucha masa chwastów w łanie przed zbiorem przekraczała 100 g/m^2. Były to lata, w których łan pszenicy był przerzedzony wskutek słabszych wschodów, gorszego przezimowania roślin, ewentualnie małej skuteczności zabiegów pielęgnacyjnych wiosną. W pozostałych latach przy dobrej zwartości łanu pszenicy masa chwastów na ogół nie przekraczała 40-60 g/m^2 i nie miała istotnego wpływu na o plonowanie pszenicy.

W uprawie ziemniaka podstawowe znaczenie ma termin wystąpienia oraz nasilenie zarazy ziemniaka. Efektywność chemicznego zwalczania tej choroby dopuszczonymi do stosowania w rolnictwie ekologicznym miedziowymi jest stosunkowo mała. Nie uzyskano

również zadawalających efektów wysadzając podkiełkowane sadzeniaki. W związku z tym jedyną metodą przeciwdziałania jest uprawa odmian bardziej odpornych na tę chorobę.

Skutki środowiskowe oddziaływania różnych systemów produkcji

Jednym z podstawowych kryteriów oceny systemów produkcji są skutki środowiskowe, jako efekty oddziaływania zespołu czynników organizacyjnych i agrotechnicznych. Skala tego oddziaływania przejawia się w zmianie właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych, które kształtują żyzność gleb. W omawianych badaniach skutki środowiskowe oceniano na podstawie zmian: zasobność gleb w składniki pokarmowe (P, K, Mg), odczynu, zawartość materii organicznej, właściwości mikrobiologicznych gleb. Poziom zagrożenia środowiska oraz stopień zrównoważenia ocenianych systemów produkcji oceniano wyliczając bilanse NPK oraz zawartość N_{min} w profilu glebowym i przesączach glebowych. Przeprowadzone wieloletnie badania dotyczące oddziaływania porównywanych systemów produkcji na środowisko przyrodnicze dostarczyły wielu interesujących wyników, które umożliwiają wyciągniecie następujących wniosków:

Zasobność gleby w składniki pokarmowe oraz wybrane wskaźniki żyzności

- W dotychczasowym (20-letnim) okresie badań w porównywanych systemach produkcji nie stwierdzono znaczących zmian podstawowych wskaźników żyzności gleby. W systemie ekologicznym odnotowano spadek zasobności gleb w potas i fosfor, jednak stosowanie odpowiednich nawozów spowolniło tę niekorzystną tendencję.
- Odnotowano tendencję spadku odczynu gleby w systemie konwencjonalnym i w monokulturze, co może być związane z działaniem zakwaszającym nawozów azotowych stosowanych w dużych dawkach na tych obiektach.
- Wieloletnie gospodarowanie zgodnie z założeniami porównywanych systemów umożliwiło uzyskanie dodatniego salda bilansu glebowej materii organicznej: w systemach ekologicznym 0,8 t/ha/rok, w systemie integrowanym 0,4 t/ha/rok. Intensywna produkcja roślinna oparta na uproszczonym zmianowaniu w systemie konwencjonalnym oraz monokulturze powodowała niewielką degradację glebowej materii organicznej na poziomie około 0,2 t/ha/rok. Dodatkowe badania dotyczące jakości materii organicznej pokazują, że gleba w systemie ekologicznym zawiera najwięcej labilnych frakcji MO co w istotny sposób wpływa na aktywność biologiczną gleb w tym sposobie gospodarowania.
- Gleba w systemie ekologicznym charakteryzowała się na ogół największymi populacjami wszystkich badanych grup mikroorganizmów glebowych biorących udział w przemianach azotu i fosforu, a zwłaszcza takich jak: asymilatory N_2 z rodzaju *Azotobacter* i bakterie symbiotyczne, amonifikatory, nitryfikatory, oraz grzyby endomikoryzowe (VAM). Dotyczy to również czynności enzymatycznej gleby, a głównie zawartości fosfataz (kwaśnej i zasadowej)

Oddziaływania środowiskowe

W omawianych badaniach jako elementem oceny poprawnego gospodarowania w zakresie zarzadzania składnikami pokarmowymi oraz potencjalnych zagrożeń

środowiskowych w różnych systemach gospodarowania wykorzystałem: bilanse N P K, koncentrację N_{min} w profilu glebowym i przesączach glebowych oraz straty azotu szacowane modelem NDICEA. Najważniejsze wyniki, uzyskane w różnych okresach badań, można podsumować w następujący sposób:

- Saldo bilansu fosforu w systemie ekologicznym było ujemne (-10 kg P*$ha^{-1}rok^{-1}$). Po pierwszych dwóch 5 letnich rotacjach zmianowania w obiekcie ekologicznym zarysowała się tendencja spadku zasobności gleby w fosfor i konieczność zastosowania nawozów fosforowych dopuszczonych w rolnictwie ekologicznym. W pozostałych obiektach różnice bilansowe fosforu kształtowały się na poziomie 15-17 kg P *$ha^{-1}rok^{-1}$ i spowodowały tendencję wzrostu zasobności gleby w P.
- Saldo bilansu potasu w systemie ekologicznym, z uwagi na bardzo duże plony koniczyny z trawami, było ujemne i wynosiło –120 kg K *$ha^{-1}rok^{-1}$. Po 8 latach zasobność spadła do niskiej i obserwowano niedobory tego składnika na roślinach ziemniaka. Wprowadzenie nawozów potasowych dopuszczonych do stosowania w rolnictwie ekologicznym, pozwoliły zrównoważyć saldo jego bilansu. W pozostałych obiektach odnotowano dodatnie salda, od 6 kg K *$ha^{-1}rok^{-1}$ w systemie integrowanym do 50 kg w monokulturze i 52 kg K *$ha^{-1}rok^{-1}$ w systemie konwencjonalnym.
- System ekologiczny charakteryzował się zrównoważonym i bezpiecznym dla środowiska saldem bilansu azotu wynoszącym średnio 11kgN*$ha^{-1}rok^{-1}$. W systemie konwencjonalnym odnotowano nadwyżkę bilansową tego składnika na poziomie 49 kgN*$ha^{-1}rok^{-1}$, w integrowanym 36 kgN*$ha^{-1}rok^{-1}$, a w monokulturze 70 kgN*$ha^{-1}rok^{-1}$.
- Wyniki dotyczące bilansu azotu oraz jego elementów uzyskane przy pomocy różnych metod wskazują na jego niedoszacowanie przez program Macrobil w systemie ekologicznym. Stwierdzone różnice wynikają z innego określenia ilości azotu pozostającego w resztkach pożniwnych po uprawie mieszanki motylkowatych z trawami.
- Zawartość N_{min} oznaczana jesienią w profilu glebowym 0-90 cm w systemie ekologicznym kształtowała się na poziomie 79-83 kg N_{min}/ha i była niższa niż w systemach: konwencjonalnym o około 27 %, integrowanym o 37 %, monokulturze o 180%.
- Analiza przesączy glebowych wykazała, że gospodarowanie w ekologicznym systemie produkcji w porównaniu do konwencjonalnego (zarówno w wariancie intensywnym jak i integrowanym) powodowało mniejszą koncentrację N_{min} w przesączach glebowych na przestrzeni całego roku oraz jego migrację w głąb profilu.
- Szczegółowa analiza N_{min} w profilu i przesączach glebowych w powiązaniu z oceną zapasów wody w glebie pozwoliły na zlokalizowanie miejsc w zmianowaniach o największych stratach N na skutek wymycia. Były to stanowiska po uprawie: koniczyny z trawą w systemie ekologicznym, rzepaku ozimym w systemie konwencjonalnym, ziemniaka i bobiku w systemie integrowanym.
- W porównywanych systemach produkcji w straty azotu na skutek wymywania, wyliczone na poziomie całego zmianowania z wykorzystaniem modelu NDICEA, kształtowały się w granicach: 3 kg N/ha w systemie ekologicznym, 25 kg N/ha w konwencjonalnym, 17 kg N/ha w integrowanym i 31 kg N/ha w monokulturze pszenicy ozimej.

Uzyskane w ramach omówionego zakresu tematycznego wyniki badań zostały opublikowane w naukowych w czasopismach z kat. A [II.A.2-3, II.A.5-8] i kategorii B [II.D.15, II.D.23 – 5, II.D.28–37, II.D.39, II.D.43, II.D.46, II.D.62 – 63], monografiach [II.D.72, II.D.77, II.D.86] oraz przedstawione w formie referatu i materiałów konferencyjnych, posterów [II.D.94-96, II.D.106-108] Wyniki wykorzystano również w opracowaniu materiałów szkoleniowych i upowszechnieniowych [II.I.3, III.I.5, III.I.12, III.I.14, III.I.21-22]. Szczegółowe wyniki powyższych badań przedstawiono także w raportach końcowych z realizacji tematów badawczych [II.E.2, II.E.14, II.E.27].

Ad. 4 Problematyka badawcza związana z **rolnictwem ekologicznym** stanowi w moich zainteresowaniach i dorobku naukowym oraz upowszechnieniowo – dydaktycznym znaczący udział. Omawiane w tym punkcie badania ze względu na bazę badawczą oraz założenia metodyczne nawiązują do obszaru zagadnień omówionych w poprzednim rozdziale (p.3 – kontekst porównania ekologicznego systemu produkcji z innymi sposobami gospodarowania) stanowiąc uzupełnienie i integralną część moich dokonań naukowo –badawczych z zakresu rolnictwa ekologicznego.

Ocena rolnictwa ekologicznego w kontekście organizacyjnym, stanu i perspektyw jego rozwoju. Opracowania dotyczące tego obszaru tematycznego obejmują analizy gospodarstw ekologicznych pod kątem struktury obszarowej, struktury użytkowania gruntów i zasiewów oraz powiązania produkcji roślinnej i zwierzęcej. Dodatkowo wykonano ocenę gospodarstw ekologicznych ze względu na uwarunkowania siedliskowe i udział obszarów chronionych. Analizy te dotyczą poziomu kraju oraz województwa podlaskiego, które charakteryzuje się specyficznymi warunkami przyrodniczymi (niski wskaźnik waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej, duży udział obszarów chronionych i trwałych użytków zielonych, znaczący udział w produkcji mleka). W opracowaniach wykorzystano zbiór informacji Głównego Inspektoratu Jakości Handlowej Artykułów Rolno – Spożywczych (GIJHARS), bazy danych zgromadzone w IUNG –PIB oraz dane GUS. Omawiając rozwój rolnictwa ekologicznego wskazano na różne etapy jego rozwoju: od okresu przed akcesją Polski do UE, pierwszych mechanizmów wsparcia z budżetu państwa w początkach 2000 r., poprzez okres jego dynamicznego rozwoju po akcesji do UE i wprowadzeniu WPR i krajowego programu rolnośrodowiskowego w 2004 r. Analiza dostępnych danych pokazała, że w latach 2004-2012 liczba gospodarstw ekologicznych w Polsce wzrosła 7- krotnie, a powierzchnia UR 12-krotnie. Gospodarstwa ekologiczne średnio w kraju jak również w poszczególnych województwach są około 3-krotnie większe, w porównaniu do ogółu gospodarstw rolnych. Ich średnia powierzchnia wynosi około 25 ha, i waha się od 10-11 ha (woj. małopolskie i świętokrzyskie) do około 40 ha (zachodniopomorskie, lubuskie i wielkopolskie). Wolumen ekologicznej produkcji towarowej w Polsce jest stosunkowo mały, gdyż w gospodarstwach ekologicznych około 60% gruntów zajmują rośliny pastewne (trwale użytki zielone oraz pastewne na gruntach ornych). Udział ekstensywnych sadów wynosi około 12%, czyli jest 5-krotnie większy niż średnio w kraju. W strukturze zasiewów gospodarstw ekologicznych wyraźnie mniejszy jest udział zbóż, ziemniaków oraz warzyw. Stwierdzono jednocześnie, że obsada zwierząt w jest średnio ponad 2-krotnie mniejsza niż w

całym naszym rolnictwie, a szczególnie niekorzystna sytuacja występuje w większych gospodarstwach (powyżej 50 ha). Ważnym elementem badań w zakresie oceny uwarunkowań dla rozwoju rolnictwa ekologicznego w kraju są publikacje, których celem było przedstawienie zależności pomiędzy uwarunkowaniami przyrodniczo – organizacyjnymi, a liczbą i rozmieszczeniem gospodarstw ekologicznych Polsce [II.D.33, II.D.38, II.D.42, II.D.50, II.D.51, II.D.74, II.D.76, II.D.79]. Szczegółowe analizy dotyczące rozmieszczenia gospodarstw ekologicznych w kraju wykazały, że gminy z największą liczbą gospodarstw ekologicznych charakteryzują się niższymi wartościami wskaźnika waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej, mniejszą wydajnością produkcji rolniczej oraz ponad 50% udziałem powierzchni obszarów prawnie chronionych. Wskazuje to, że w gorszych warunkach siedliskowych rolnictwo ekologiczne może stanowić alternatywę do konwencjonalnego systemu gospodarowania. Przeprowadzone analizy pokazały jednocześnie, że w praktyce rozwój rolnictwa ekologicznego w dużo większym stopniu niż od warunków przyrodniczych zależy od czynników ekonomiczno – organizacyjnych.

Istotną częścią mojego dorobku naukowo-badawczego w omawianym zakresie tematycznym był udział w zespole, który opracował ekspertyzy na potrzeby Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi. Zadania i cele jakie zrealizowano w ekspertyzach to m.in.: omówienie stanu rolnictwa ekologicznego w Polsce z uwzględnieniem regionalnego zróżnicowania i obowiązującego systemów wsparcia, przedstawienie przeglądu systemów wsparcia w innych krajach UE, wypracowania nowych wariantów i płatności w rolnictwie ekologicznym w perspektywie 2014-2020 [III.M.1-2].

Uzyskane w ramach omówionego zakresu tematycznego wyniki badań zostały opublikowane w naukowych w czasopismach z kategorii B [II.D.33, II.D.38, II.D.42, II.D.50, II.D.51, II.D.74, II.D.76, II.D.79] oraz przedstawione w formie referatu i materiałów konferencyjnych, posterów [II.D.102-103, II.B12, II.K.3.] Wyniki wykorzystano również w opracowaniu materiałów szkoleniowych i upowszechnieniowych [III.I.4, III.I.14, III.I.15, III.I.19]. Szczegółowe wyniki powyższych badań przedstawiłam także w raporcie końcowym z realizacji tematów badawczych [II.E.11, II.E.14].

Ocena produkcyjności oraz czynników ograniczających plonowanie roślin, doskonalenie agrotechniki. Badania prowadzone w tym zakresie tematycznym realizowałem w ramach projektów badawczych w działalności statutowej IUNG – PIB [II.I.26, II.I.28-35, II.I.37-40], projektu finansowanego przez KBN [II.I.4], dotacji MRiRW do badań na rzecz rolnictwa ekologicznego, projektów międzynarodowych [II.I.5- 11, II.I.13-25].
Znaczną część wyników dotyczących badań nad plonowaniem roślin oraz występowaniem czynników ograniczających ich wydajność omówiłem w rozdziale 3 oraz części dotyczącej osiągnięcia naukowego. Dodatkowe badania, które realizowałem w omawianym zakresie tematycznym, dotyczyły m.in.:

- **oceny skutków przestawienia gospodarstwa** z systemu produkcji konwencjonalnego na ekologiczny;

- **oceny różnych zmianowań reprezentujących odmienne modele gospodarstw ekologicznych** w kontekście możliwości zwiększenia zasobów azotu w glebie i wpływu na wartość stanowiska i produkcyjność roślin;
- **doskonalenia agrotechniki** poprzez: poszukiwanie metod regulacji zachwaszczenia i ochrony roślin z wykorzystaniem preparatów biologicznych, ocenę różnych form nawożenia ziemniaka, dobór odmian zbóż i ocenę ich przydatności dla rolnictwa ekologicznego.

Proces transformacji gospodarstwa z systemu konwencjonalnego na ekologiczny pociąga za sobą szereg problemów organizacyjnych i ekonomicznych. Efekty tego procesu prześledzono na przykładzie Zakładu Doświadczalnego w Grabowie przekształconego w gospodarstwo ekologiczne o profilu produkcji mlecznej. Na przestrzeni 4 lat (2001-2005), realizując temat badawczy w ramach działalności statutowej [II.I.30, II.I.35] przeprowadzono całkowitą zmianę organizacji produkcji roślinnej dostosowując ją do zasad rolnictwa ekologicznego. Wprowadzone zmiany spowodowały zmniejszenie plonowania zbóż, w przypadku pszenicy ozimej o około 50%, a jęczmienia jarego o 22%. Wydajność zmianowania w systemie produkcji ekologicznym była mniejsza niż w konwencjonalnym o 12,2 j. zb. $*ha^{-1}$. Reorganizacja bazy paszowej (polegająca na większym udziale produkcji pasz na gruntach ornych oraz renowacji użytków zielonych) umożliwiły nieznaczny wzrost produkcji i wydajności mleka. Poziom produkcji zwierzęcej wyrażony w jednostkach zbożowych z ha UR wzrósł o 16%. Wzrostowi produktywności zwierzęcej towarzyszył wzrost powierzchni globalnej paszowej średnio o ok. 10%. Gospodarowanie ekologiczne w porównaniu do konwencjonalnego spowodowało wzrost salda bilansu materii organicznej w glebie o 0,33 $t*ha^{-1}$. W gospodarstwie ekologicznym odnotowano ujemne saldo bilansu azotu -18 $kgN*ha^{-1}$ i potasu - 49 $kgK*ha^{-1}$. W okresie 4 lat na wszystkich polach po zmianie sposobu gospodarowania wystąpił spadek zawartości fosforu, a na niektórych tendencja spadku zawartości potasu. Wyniki dotyczące bilansu azotu oraz monitoring zawartości N_{min} w glebie oceniane na poziomie całego zmianowania wskazują, że gospodarowanie ekologiczne stwarza małe zagrożenie stratami azotu. W okresie transformacji gospodarstwa odnotowano wzrost przychodów średnio o 38%. W analizowanym okresie nastąpił wzrost zysku gospodarstwa o blisko 90%. Duże znaczenie w uzyskaniu tego wyniku miał system dopłat i dotacja dla rolnictwa ekologicznego. Wartość dopłat bezpośrednich oraz do produkcji ekologicznej stanowiła ok. 20% produkcji końcowej gospodarstwa oraz ok. 57% zysku gospodarstwa.

Istotną cechą agrotechniki w gospodarstwach ekologicznych jest rezygnacja ze stosowania syntetycznych nawozów azotowych. Respektowanie tej zasady wymusza poszukiwanie innych źródeł azotu i metod zwiększenia jego zasobów w glebie. Rozwiązaniem tego problemu jest m.in. uprawa roślin bobowatych i odpowiednie ich użytkowanie np.: dobór roślin wiążących azot i ich udział w strukturze zasiewów, długość okresu użytkowania mieszanek motylkowato – trawiastych oraz sposób uprawy roli. Badanie dotyczące tej problematyki realizowałem w ramach projektu, którego celem była ocena różnych zmianowań, reprezentujących odmienne **modele gospodarstw ekologicznych**, w zakresie możliwości zwiększenia zasobów azotu w glebie i wpływu na wartość stanowiska i

produkcyjność roślin [II.I.39]. Badania prowadzono w latach 2010 – 2014 w RZD IUNG – PIB w Grabowie. Schemat doświadczenia uwzględniał trzy zmianowania zawierające różne gatunki roślin bobowatych. Oceniane zmianowania reprezentowały jednocześnie różne modele gospodarstw ekologicznych. **Zmianowanie A** - odpowiadające modelowi gospodarstwa mlecznego (kukurydza ++ - mieszanka zbożowo – strączkowa + wsiewka - koniczyna czerwona +trawa I rok - koniczyna czerwona +trawa II rok - pszenica jara/ozima). **Zmianowanie B** - reprezentujące model gospodarstwa w chowem trzody (kukurydza ++ - jęczmień jary - mieszanka zbożowo – strączkowa – groch - pszenica jara/ozima). **Zmianowanie C** - reprezentujące model gospodarstwa bezinwentarzowego (kukurydza ++ - mieszanka zbożowa - pszenica jara + wsiewka - koniczyna czerwona - pszenica jara/ozima). Spośród porównywanych zmianowań największą wydajność w jednostkach zbożowych uzyskano w zmianowaniu A reprezentującym model gospodarstwa mlecznego. W wariancie z pszenicą ozimą uzyskano 49 j.zb*ha^{-1}, a z pszenicą jarą 47 j.zb*ha^{-1}. Czynnikiem limitującym wydajność poszczególnych roślin oraz całych zmianowań była ograniczona dostępność azotu w okresach krytycznych dla rozwoju roślin. Saldo bilansu azotu, średnio za cały okres badań, dla zmianowania A i B było podobnie i zależnie od uprawianej formy pszenicy jego wartość wynosiła - 4 kg N*ha^{-1} dla zmianowania z pszenicą ozimą i 0,2 kg N*ha^{-1} dla zmianowania z pszenica jarą. W zmianowaniu C uzyskano największą nadwyżkę bilansu N, wynoszącą zależnie od uprawianej formy pszenicy 22 kg N*ha^{-1} (z pszenicą ozimą) lub 26 kg N*ha^{-1} (z pszenicą jarą) Uzyskane wyniki (na poziomie całych zmianowań) wskazują na brak potencjalnych zagrożeń związanych ze stratami azotu i jego rozproszeniem w środowisku. Szczegółowa analiza zawartości Nmin w profilu glebowym wykazała jednak, że w stanowisku po uprawie koniczyny z trawami pojawiają się nadwyżki na poziomie 50-58 kg N*ha^{-1} co może powodować straty N.

Uzyskane w ramach omówionego zakresu tematycznego wyniki badań zostały opublikowane w czasopismach z kategorii A [II.A.8] i kategorii B [II,D.46, II.D.62,] oraz przedstawione w formie referatu i materiałów konferencyjnych, posterów [II.D.98, II.D.116, II.D.120] Wyniki wykorzystano również w opracowaniu materiałów szkoleniowych i upowszechnieniowych [II.I.3-4, II.I.12-15]. Szczegółowe wyniki powyższych badań przedstawiłam także w raporcie końcowym z realizacji tematów badawczych ***[II.E.5, II.E.11, II.E.14, II.I.18, II.I.23]****.*

Kolejnym obszarem moich zainteresowań dotyczącym rolnictwa ekologicznego jest **doskonalenie agrotechniki** ukierunkowanej na poprawę produkcyjności i jakości produkcji roślinnej. Badania z tego zakresu dotyczyły m.in. **oceny skuteczności wybranych agrotechnicznych metod regulacji zachwaszczenia** w pszenicy ozimej, kukurydzy i sorgu. Badania prowadzono w latach 2010-2013 na terenie gospodarstwa ekologicznego RZD Grabów. Ocenę różnych metod regulacji zachwaszczenia realizowano w trzech niezależnych doświadczeniach: z pszenicą ozimą, kukurydzą i sorgiem. Schemat doświadczeń z pszenicą ozimą uwzględniał m.in.: różne sposoby i normy wysiewu (siew rzędowy i rzutowy oraz wysiew roślin w zagęszczeniu od 4,5 do 6,0 mln ziaren/ha), mechaniczną pielęgnację z wykorzystaniem brony chwastownika oraz wsiewkę gorczycy. W doświadczeniu z kukurydzą i sorgiem testowano metody pielęgnacji uwzględniające zabiegi z wykorzystaniem m.in.

pielnika szczotkowego, opielacza oraz nawożenie organiczne stosowane na dwóch poziomach 20 i 40 t/ha. Pielęgnacja łanu pszenicy ozimej broną pozwoliła ograniczyć liczbę i masę chwastów w fazie strzelania w źdźbło odpowiednio o 35 i 27% w stosunku do kontroli, a w fazie dojrzałości mleczno – woskowej o 22 i 24%. Wsiewka gorczycy, pomimo niewielkiej masy jaką uzyskiwała w okresie jesiennej wegetacji, ograniczała masę chwastów niezależnie od sposobu siewu. Spośród testowanych sposobów siewu siew rzutowy był najskuteczniejszy w ograniczaniu masy chwastów (redukcja masy chwastów o 19% w stosunku do siewu rzędowego i o 21% w stosunku do siewu zagęszczonego). Siew zagęszczony nie wpływał istotnie na zmniejszenie liczebności i masy chwastów. Mechaniczna pielęgnacja kukurydzy i sorga przyczyniła się do istotnego zmniejszenia masy chwastów. Najbardziej skuteczną metodą mechanicznej pielęgnacji było zastosowanie dwukrotnie pielnika szczotkowego wraz z obsypnikiem. Zastosowanie mechanicznych zabiegów pielęgnacyjnych w kukurydzy spowodowało zwiększenie udziału nasion w strukturze plonu kolby średnio o 15%. Zwiększenie dawki nawożenia organicznego miało stosukowo mały wpływ na udział ziarniaków w kolbie.

W badaniach dotyczących **agrotechniki ziemniaka** celem była ocena różnych form nawożenia organicznego oraz wykazanie ich komplementarności w oddziaływaniu na plon ziemniaka. Wykazano, że połączenie nawożenia kompostem w z biomasą roślin poplonowych było znacznie bardziej efektywne niż obornika z nawozem zielonym. Stwierdzono również, ze kompost stosowany przed ostatnim obredlaniem ziemniaka powodował zwyżkę plonu zbliżoną do działania samego nawozu zielonego [II.D.12, II.D.70, II.D.93). W innych badaniach, prowadzonych wspólnie z zespołem z IHAR - PIB, w różnych siedliskach i systemach produkcji (ekologicznym i integrowany) oceniano plonowanie odmian ziemniaka należących do różnych grup wczesności. Stwierdzono, że największy wpływ na wielkość plonu bulw i jego strukturę miał system produkcji. Średni plon uzyskany w systemie integrowanym był o ponad 30% wyższy niż systemie ekologicznym. Większe różnice między systemami uzyskano na glebie lżejszej. Różnice odmianowe dotyczyły tylko udziału w plonie bulw dużych. Badane czynniki w niewielkim stopniu wpływały na udział wad bulw. Nie stwierdzono istotnych różnic w jakości handlowej bulw w porównywanych systemach produkcji [II.D.63].

W ekologicznym rolnictwie czynnikiem istotnie ograniczającym plonowanie zbóż oraz wpływającym na pogorszenie jakości ziarna są choroby grzybowe. Zalecane w rolnictwie ekologicznym metody i środki ochrony w ograniczonym zakresie wpływają na poprawę stanu sanitarnego roślin. Istnieje wiec potrzeba poszukiwania i oceny nowych środków o działaniu ochronnym w ekologicznej uprawie zbóż. Mając na uwadze wymienione uwarunkowania prowadziłem **badania nad wykorzystaniem w ochronie zbóż preparatów możliwych do zastosowania w gospodarstwach ekologicznych**. W różnych okresach testowano skuteczność: BION, Biosept 33SL, Użyźniacz Glebowy UG max [II.D.27, II.D.52, II.56].

W doświadczeniach z BION uwzględniono 4 odmiany i systemy produkcji ekologiczny i konwencjonalny. Lepsze efekty stosowania preparatu BION, dotyczące plonowania i poprawy stanu sanitarnego roślin odnotowano w warunkach systemu konwencjonalnego, w którym BION zastosowano w połączeniu z konwencjonalnymi środkami ochrony. W obiekcie

ekologicznym w warunkach większego porażenia przez patogeny grzybowe skuteczność BION była ograniczona.

Ocenę skuteczności preparatu BIOSEPT 33 SL wykonano w uprawie pszenicy ozimej. Metodyka badań obejmowała stosowanie preparatu BIOSEPT 33 SL w różnym stężeniu i częstotliwości aplikacji, dodatkowym czynnikiem był dobór odmian. Plony ziarna uzyskane na obiektach chronionych preparatem BIOSEPT, w zależności od liczby zabiegów i odmiany, były wyższe niż w kontroli o 6-16%. Oprysk preparatem BIOSEPT w trzech terminach umożliwił uzyskanie istotnie wyższych plonów, Kobry o 12%, Jumy o 16%. BIOSEPT wykazał największą skuteczność w stosunku do *Puccinia recondita,* jednak efekty hamowania rozwoju tego patogena były krótkotrwałe. Stwierdzono ograniczoną skuteczność preparatu w stosunku do pozostałych patogenów głównie grzybów z rodzaju *Fusarium*. Odnotowano niewielką na poziomie 21% skuteczność preparatu w ochronie kłosów przed porażeniem przez *Septoria nodorum*.

Ocenę oddziaływania Użyźniacza Glebowego wykonano w doświadczeniu z pszenicą ozimą. W badaniach wykonano analizę podstawowych elementów struktury plonu, ocenę występowania patogenów grzybowych oraz wpływu użyźniacza na wybrane parametry wzrostu i stan odżywienia azotem. Zastosowanie Użyźniacza Glebowego w ekologicznej uprawie pszenicy ozimej spowodowało zwiększenie plonu ziarna, średnio o 6 % i masy 1000 ziaren o 4 %. Większe przyrostu plonów na skutek stosowania preparatu (9-16%) odnotowano w grupie tzw. „dawnych odmian" (Ostka Kazimierska, Wysokolitewka Sztywnosłoma, Kujawianka Więcławicka). Ocena stanu fitosanitarnego roślin wykazała, że w obiektach po zastosowaniu Użyźniacza Glebowego nastąpiło ograniczenie rozwoju większości identyfikowanych w badaniach patogenów. Zastosowanie preparatu spowodowało wzrost wskaźnika powierzchni liściowej LAI oraz lepszy stan odżywienia roślin azotem.

W rolnictwie ekologicznym, ze względu na wyeliminowanie przemysłowych środków produkcji znaczenie **doboru odmian** nabiera szczególnej wagi. Dobór odpowiedniej odmiany zbóż jest elementem agrotechniki, który obok płodozmianu, ma zasadnicze znaczenie dla wielkości i stabilności uzyskiwanych plonów oraz ich jakości. Badania dotyczące doboru odmian dla rolnictwa ekologicznego zapoczątkowano w IUNG – PIB w roku 2004. Zakres tematyczny prac w pierwszym okresie badań obejmował mniejszą liczbę odmian i uwzględniał zadania ukierunkowane na identyfikację głównych problemów w ekologicznej produkcji i wypracowaniu wstępnych kryteriów doboru odmian oraz stworzeniu bazy badawczej w oparciu o ustabilizowane gospodarstwa ekologiczne w różnych rejonach kraju. Zespołem badawczym realizującym te badania do 2010 r. kierował prof. dr hab. Jan Kuś, a mój udział polegał na prowadzeniu badań związanych z doskonaleniem agrotechniki w ekologicznej uprawie zbóż oraz ocenie skutków środowiskowych związanych z wdrażaniem zasad rolnictwa ekologicznego. Od roku 2011 koordynuję badania w zakresie doboru odmian zbóż. W pierwszym okresie badania dotyczyły pszenicy ozimej i jarej, w kolejnych latach zostały one poszerzone o żyto i pszenżyto ozime. W ostatnich latach kieruję pracami dotyczącymi oceny przydatności odmian zbóż ozimych dla rolnictwa ekologicznego i uczestniczę jako wykonawca w analogicznych badaniach ze zbożami jarymi [II.I.4-25]. W

założeniach metodycznych omawianych badań przyjęto testowanie od 12 do 16 odmian w cyklach 3 letnich. Przyjęta metodyka oraz okres badań pozwalają na wskazanie listy odmian najlepiej dostosowanych do warunków produkcji ekologicznej i bezpośrednie wykorzystanie wyników w praktyce. Uzyskane wyniki dotyczące tego zakresu badań były podstawą do opracowania publikacji w czasopismach naukowych [II.D.35, II.D.40, II.D.47-49, II.D.57-59, II.D.61, II.D.64, II.D.65] oraz wydania materiałów szkoleniowych i instrukcji wdrożeniowych [II.I.6-10, II.I.22-23, II.I.25, II.I.28]. Sieć doświadczeń zlokalizowana w różnych rejonach kraju służy jako obiekty demonstracyjne i wykorzystywana jest w licznych szkoleniach. Efektem wieloletniego doświadczenia zespołu z IUNG – PIB w prowadzeniu badań z odmianami zbóż oraz projektu, który koordynowałem w 2018 r. było utworzenie wspólnie z Centralnym Ośrodkiem Badania Odmian Roślin Uprawnych sieci Ekologicznego Doświadczalnictwa Odmianowego (EDO). **Podstawowym celem Ekologicznego Doświadczalnictwa Odmianowego** jest ocena przydatności odmian różnych grup roślin do uprawy w warunkach produkcji ekologicznej. Pierwsze badania w ramach systemu EDO obejmowały ocenę odmian zbóż jarych: pszenicy, jęczmienia i owsa. W kolejnych latach planowane jest zwiększenie zakresu gatunków objętych badaniami oraz liczby punktów doświadczalnych. Znaczenie i wartość badań w ramach EDO polega m.in. na ocenie odmian w szerszym zakresie niż w systemie badań PDO prowadzonym przez COBORU oraz prowadzenie badań w warunkach produkcji ekologicznej.

Dodatkową wartością omawianych badań jest możliwość realizowania projektów w zespołach interdyscyplinarnych z IUNG – PIB, UTP w Bydgoszczy, SGGW w Warszawie. Zakres tematyczny tych prac obejmuje m.in.: ocenę profilu mikrobiologicznego ryzosfery odmian pszenicy ozimej, podatności odmian na porażenie kłosów, zasiedlenie ziarna przez grzyby z rodzaju *Fusarium spp*., kompleksowej oceny wartości technologicznej ziarna pszenicy ozimej jarej, oceny zawartości związków bioaktywnych w ziarnie zbóż. Efektem wieloletniej współpracy w ramach omawianych projektów, poza publikacjami przedstawionymi jako osiągnięcie naukowe, są inne publikacje w których jestem autorem lub współautorem [II.A.1-6, II.D.40, II.D.44, II.D.49, II.D.58, II.D.59, II.D.64]. Wyniki prac dotyczące oceny odmian prezentowałem również na konferencjach i licznych szkoleniach [II.K.4, II.K.12, II.K.20, II.K.26, II.K.34].

Profil i wyniki badań w zakresie doboru odmian dla rolnictwa ekologicznego oraz wdrożenie systemu Ekologicznego Doświadczalnictwa Odmianowego zainicjowały współpracę i mój udział jako wykonawcy w międzynarodowym projekcie LIVESDEED [II.I.3]. W projekcie uczestniczą różne jednostki naukowe, firmy hodowlane i nasienne, oraz organizacje z całej Europy. Głównym celem projektu jest wypracowanie najlepszych praktyk w zakresie: wdrażania regulacji prawnych, hodowli, testowania, tworzenia baz danych i dostępności ekologicznego materiału siewnego.

Mając na uwadze stan rolnictwa ekologicznego w Polsce oraz rozwój rynku żywności ekologicznej, w roku 2010 wspólnie z partnerami reprezentującymi organizacje ekologiczne, podjąłem starania o uzyskanie środków z Programu Operacyjnego Rozwój Polski Wschodniej na realizację projektu: „Rozwój klastra Dolina Ekologicznej Żywności". Projekt **„Rozwój klastra Dolina Ekologicznej Żywności"**, którym kierowałem w latach 2010 – 2013 miał na

celu zbudowanie na terenie Polski Wschodniej ponadregionalnej platformy współpracy w zakresie rozwoju i promowania ekologicznych produktów żywnościowych. Istnienie klastra DEŻ miało również na celu rozwój współpracy pomiędzy ośrodkami naukowymi, podmiotami działającymi na rzecz promocji rolnictwa ekologicznego oraz przedsiębiorcami zajmującymi się produkcją, przetwórstwem i dystrybucją produktów ekologicznych. Bardzo ważnym celem działalności klastra DEŻ było podniesienie konkurencyjności i innowacyjności przedsiębiorstw zrzeszonych w klastrze, zwiększenie skali produkcji ekologicznej oraz wzrost liczby miejsc pracy w sektorze produktów ekologicznych. W ramach funkcjonowania klastra uruchomiony został tematyczny geoportal oraz system usług teleinformatycznych poprawiający dostęp do informacji i wiedzy w zakresie produkcji, przetwórstwa i marketingu produktów ekologicznych. W ramach projektu obok licznych działań promocyjnych prowadzone były również prace polegające na upowszechnianiu wiedzy, identyfikacji i rozwiązywaniu problemów producentów żywności ekologicznej. Należy podkreślić, że w pięciu województwach należących do obszaru Polski Wschodniej (podkarpackie, lubelskie, świętokrzyskie, podlaskie, warmińsko – mazurskie) w tym okresie zlokalizowanych było ponad 47 % wszystkich gospodarstw ekologicznych, i 26 % przetwórni produkujących żywność ekologiczną. Partnerzy uczestniczący w projekcie reprezentujący różne branże przetwórstwa oraz grupy producentów chętnie korzystali z możliwości wykonania specjalistycznych analiz laboratoryjnych. Wyniki analiz wykorzystywane były m.in. do wdrażania nowych receptur oraz innowacyjnych rozwiązań na poziomie technologicznym, doskonaleniu agrotechniki i poprawie bazy surowcowej, oceny surowców i gotowych produktów wprowadzanych na rynek. W trakcie trwania projektu prowadzono szeroką kampanię informacyjną i promocyjną. Promocja Klastra Doliny Ekologicznej Żywności miała dwutorowy charakter. Realizowano działania informacyjne skierowane do dwóch grup odbiorców. Pierwszą grupą byli obecni i potencjalni członkowie klastra Doliny Ekologicznej Żywności, drugą - odbiorcy/konsumenci ekologicznej żywności. W trakcie projektu zrealizowano dwie ogólnopolskie konferencje naukowe, konferencje prasowe, misje gospodarcze, liczne szkolenia i warsztaty ukierunkowane na transfer wiedzy i promocję idei rolnictwa ekologicznego. Efekty działalności upowszechnieniowej oraz promocja zasad rolnictwa ekologicznego realizowane w trakcie projektu DEŻ zostały nagrodzone w konkursach organizowanych przez Ministerstwo Rozwoju Regionalnego i Polską Agencję Wspierania Przedsiębiorczości - III miejscem w konkursie „Promuj z pomysłem" oraz I miejscem w konkursie „Pokaż swoją stronę".

Wykaz publikacji, pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych, informacja o osiągnięciach dydaktycznych oraz współpracy naukowej i popularyzacji wyników badań zostały zamieszczone w załączniku 3.