

Załącznik 2

Autoreferat w języku polskim

dr inż. Katarzyna Maria Wojtkowiak

Autoreferat

UNIwersytet WarMińsko-Mazurski w Olsztynie

Wydział Nauk Technicznych

Katedra Podstaw Bezpieczeństwa

Spis treści

1. Imię i nazwisko.....	3
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe.....	3
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.....	3
4. Wskazane osiągnięcia wynikające z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311.).....	4
a) tytuł osiągnięcia naukowego.....	4
b) autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa, recenzenci wydawniczy.....	4
c) omówienie celu naukowego prac i osiągniętych wyników oraz omówienie ich ewentualnego wykorzystania.....	5
5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo- badawczych.....	20

Autoreferat

1. Imię i nazwisko:

Katarzyna Maria Wojtkowiak
używająca imienia Katarzyna

2. Posiadane stopnie naukowe:

- 1993 magister inżynier
Akademia Rolniczo-Techniczna w Olsztynie
Wydział Rolniczy
Kierunek Rolnictwo
Tytuł pracy: *„Wpływ zróżnicowanego nawożenia na plon jęczmienia jarego i jego wartość odżywczą ”*
Promotor: prof. dr hab. Danuta Domska, prof. zw.
- 1998 doktor nauk rolniczych w zakresie agronomii
Akademia Rolniczo-Techniczna w Olsztynie
Wydział Rolnictwa i Kształtowania Środowiska
Tytuł pracy *„Wpływ zróżnicowania nawożenia azotem i mikroelementami na plonowanie pszenżyta i jakość ziarna”*
Promotor: prof. dr hab. Danuta Domska, prof. zw.
- 2011 dyplom ukończenia 1-semestralnego kursu doskonalenia pedagogicznego nauczycieli akademickich w Katedrze Pedagogiki na Wydziale Nauk Społecznych UWM w Olsztynie
- 2012 dyplom ukończenia studiów podyplomowych
Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji w Lublinie
2-semestralne studia podyplomowe *Menadżer dla nauki i biznesu*. Studia dla pracowników jednostek naukowych na kierunku „Zarządzanie projektami badawczymi współfinansowanymi z funduszy europejskich”.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych:

- 1993-1996 technik w Katedrze Chemii Rolnej Akademii Rolniczo-Technicznej w Olsztynie;

- 1996-1998 asystent w Instytucie Wychowania Technicznego w Wyższej Szkole Pedagogicznej w Olsztynie;
- 1998-2000 adiunkt w Instytucie Wychowania Technicznego w Wyższej Szkole Pedagogicznej w Olsztynie;
- 2000-2015 adiunkt; od 2015 asystent, w Katedrze Podstaw Bezpieczeństwa Wydziału Nauk Technicznych Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie.

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art.16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311.)

Osiągnięciem naukowym wynikającym z art.16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311) jest cykl publikacji naukowych powiązanych tematycznie.

a) tytuł osiągnięcia naukowego

***Wpływ wybranych sposobów nawożenia na plon i cechy technologiczne
ziarna zbóż***

**b) publikacje (wymienione w kolejności chronologicznej) składające się na
osiągnięcie naukowe:**

1. **Wojtkowiak K., Stępień A.** 2015. Nutritive value of spelt (*Triticum aestivum* spp. *spelta* L.) as influenced by the foliar application of copper, zinc and manganese. *Zemdirbyste- Agriculture*, 102(4): 389–396 (wg. MNiSW z 2015 r.–20 pkt., IF–0.579, WoS^{CC} = 2).
2. **Stępień A., Wojtkowiak K.** 2016. The effect of foliar application of Cu, Zn and Mn on the yield and quality indicators of the grain of winter wheat. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 76(2): 220–227 (wg. MNiSW z 2016 r.–30 pkt., IF–0.637).
3. **Wojtkowiak K.** 2014. Wpływ sposobów nawożenia azotem na jakość ziarna pszenżyta jarego odmiany Milewo. Cz. II. Plonowanie i zawartość składników mineralnych.

- Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 576: 217–226 (wg. MNiSW z 2014 r.–9 pkt.).
4. **Wojtkowiak K.**, Stępień A., Konopka I. 2015. Protein composition of spring triticale grain in the conditions of diversified fertilization systems. *Acta Scientiarum Polonorum. Agricultura*, 14(2): 77–87 (wg. MNiSW z 2015 r.–11 pkt.).
 5. **Wojtkowiak K.**, Stępień A., Tańska M., Konopka I., Konopka S. 2013. Impact of nitrogen fertilization on the yield and content of protein fractions in spring triticale grain. *African Journal of Agricultural Research*, 8(28): 3778–3783 (wg. MNiSW z 2012 r.–15 pkt., wg. MNiSW z 2013 r.–0 pkt.).
 6. Stępień A., **Wojtkowiak K.** 2011. Effect of meat and bone meal and effective microorganisms on content and composition of protein in crops. Part I. Spring wheat. *Acta Scientiarum Polonorum. Agricultura*, 10(4): 143–152 (wg. MNiSW z 2011 r.–6 pkt.).
 7. **Wojtkowiak K.**, Stępień A. 2011. Effect of meat and bone meal and effective microorganisms on content and composition of protein in crops. Part II. Faba bean and winter wheat. *Acta Scientiarum Polonorum. Agricultura*, 10(4):153–160 (wg. MNiSW z 2011 r.–6 pkt.).
 8. Stępień A., **Wojtkowiak K.** 2013. Composition of gluten protein in spring and winter wheat grain cultivated under conditions of varied fertilization. *Acta Agriculturae Scandinavica, section B-Soil & Plant Sciences*, 63(7): 588–594 (wg. MNiSW z 2013 r. 20 pkt. IF=0.650, WoS^{CC} = 5).

Liczba punktów z publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego, zgodnie z punktacją MNiSW w poszczególnych latach – **102**. Całkowity IF publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego według roku opublikowania – **1,866**.

c) omówienie celu naukowego prac i osiągniętych wyników oraz omówienie ich ewentualnego wykorzystania

Uzasadnienie podjęcia badań

Pszenica jest podstawowym zbożem konsumpcyjnym, a głównym kierunkiem jego użytkowania jest przerób na mąkę. Najpowszechniej uprawianą pszenicą na świecie i w Polsce jest *Triticum aestivum ssp. vulgare* Mac Key, czyli pszenica zwyczajna. Światowa

powierzchnia jej uprawy obecnie przekracza 200 mln ha (Budzyński 2012). W celu ograniczenia dominującej pozycji pszenicy zwyczajnej jako podstawowego surowca żywnościowego w ostatnich latach obserwuje się wzrost zainteresowania uprawą dawnych form pszenic, spośród których wyraźne znaczenie ma *Triticum aestivum ssp. spelta* L. (pszenica orkisz) (Tyburski i in. 2005, Mikos i Podolska 2012). Jej produkcja jest wznawiana zwłaszcza w Europie. Szacuje się, że na świecie zajmuje powierzchnię ponad 60 tys. ha (Budzyński 2012). Jednym ze sposobów ponownego zaistnienia starszych, prymitywnych morfotypów pszenic orkiszowych jest ich wykorzystanie jako źródła genów wartościowych cech w nowoczesnych modelach hodowlanych i stworzenie nowych odmian dostosowanych do obecnych technologii produkcji. W Polsce są już zarejestrowane pierwsze odmiany orkiszu ozimego i jarego. Cieszą się one dużym uznaniem praktyki rolniczej z uwagi na możliwość uprawy zarówno w systemie ekologicznym, jak i konwencjonalnym. Pszenicy orkisz przypisuje się wiele właściwości prozdrowotnych (Christa 2009). Ziarno charakteryzuje wysoka wartość odżywcza. Zawiera ono podstawowe składniki niezbędne w diecie człowieka, takie jak: cukry, białka, tłuszcze, witaminy i składniki mineralne (Kohajdová i Karovicová 2008, Sulewska i in. 2008, Rachoń i in. 2015). Wyróżnia je także dobra przyswajalność składników odżywczych – związków mineralnych i witamin. Ziarno orkisz jest bardziej zasobne w białko i gluten (Chrenková i in. 2000), co wynika z dużego udziału tego składnika w warstwie aleuronowej (Bojňanská i Frančáková 2002). Białko orkisz cechuje duża strawność (>80%), a także wyższa wartość biologiczna, co wyraża się korzystniejszym wskaźnikiem jego wykorzystania w porównaniu do białka pszenicy zwyczajnej (Chrenková i in. 2000). Mąka uzyskana z ziarna pszenicy orkisz wyróżnia się korzystniejszą wydajnością, stratą piecową i porowatością miękiszu (Majewska i in. 2007). Nieliczne badania (Schober i in. 2006, Pruska-Kędzior i in. 2008) wskazują na gorsze właściwości glutenu w zakresie jego rozpuszczalności.

Innym zbożem, które może przeciwdziałać zawężeniu bioróżnorodności gatunkowej przeznaczonym na cele konsumpcyjne jest pszenżyto (*x Triticosecale* Wittm.). Mieszaniec ten ze względu na wysoki potencjał plonowania oraz dobre właściwości odżywcze (Jonnala i in. 2010, Hansen 2012) wzbudza duże zainteresowanie jako surowiec na potrzeby przemysłu spożywczego, a szczególnie jego wykorzystanie na cele piekarskie (Tohver i in. 2005, Kopeć i Bać 2013). Wartość technologiczną pszenżyta ograniczają głównie niska zawartość i jakość glutenu (Bielski i in. 2015).

Ziarno zbóż przeznaczone na cele konsumpcyjne powinno charakteryzować się wysoką wartością technologiczną, która w największym stopniu jest różnicowana czynnikiem genetycznym – odmianowym. Istotne znaczenie modyfikujące jakość surowca mają także

czynniki klimatyczne. Nieco mniejszy wpływ wywiera agrotechnika, przede wszystkim nawożenie. Głównym zadaniem nawożenia jest dostarczanie roślinom pełnego zestawu makro i mikroelementów łatwo przyswajalnych. W nowoczesnym rolnictwie, w którym obowiązuje zasada zrównoważonego nawożenia ważne jest dokarmianie dolistne (Szewczuk i Sugier 2009). Podstawową zaletą takiego sposobu aplikowania składników pokarmowych jest szybkość działania i wyższy stopień ich wykorzystania. Dolistna aplikacja nawozów jest szczególnie wskazana w okresie krytycznego zapotrzebowania roślin na składniki pokarmowe, który przypada na fazę strzelania w źdźbło tj. w okresie intensywnych podziałów komórkowych. Dokarmianie dolistne w znacznym stopniu, a czasami nawet całkowicie zaspokaja zapotrzebowanie roślin na mikroelementy (Szewczuk i Michałojć 2003). Bardzo często podczas zabiegu dolistnego dokarmiania dostarczane są mikroelementy razem z azotem. Szczególną uwagę zwraca się na znaczenie tych mikroelementów, które biorą udział w syntezie związków azotowych (Knapowski i in. 2016).

Mikroelementy, choć pobierane w niewielkich ilościach, uczestniczą w wielu reakcjach metabolicznych, a tym samym spełniają ważne funkcje fizjologiczne w roślinie. W praktyce do grup mikroelementów niezbędnych w żywieniu roślin zbożowych najczęściej zalicza się miedź, mangan oraz cynk. Miedź reguluje przemianę związków azotowych, wpływa na tworzenie się chlorofilu oraz na budowę ścian komórkowych (Yruela 2005). Mangan jest odpowiedzialny za intensywność fotosyntezy oraz bierze udział w przemianie związków azotowych i węglowodanów (Hänsch i Mendel 2009). Natomiast cynk uczestniczy w metabolizmie węglowodanów, białek, związków fosforowych, reguluje przepuszczalność błon komórkowych oraz ma wpływ na syntezę hormonów wzrostu (Lin i in. 2005). Mikroelementy zwiększają efektywność nawożenia makroelementami i oddziałują korzystnie na wielkość plonów, a także na skład chemiczny ziarna (Knapowski i in. 2015). Zintegrowane zabiegi nawożenia makro i mikroelementami mogą poprawić jakość ziarna, czego efektem jest wzrost wartości technologicznej otrzymanego surowca (Knapowski i in. 2016).

Potrzeba nawożenia roślin uprawnych mikroelementami wynika z faktu znaczącego ograniczenia stosowania obornika, który jest naturalnym źródłem licznych składników mineralnych. Jednym z powodów jest specjalizacja gospodarstw, które zajmują się tylko produkcją roślinną. Intensyfikacja produkcji rolnej (wzrost plonów) wpływa na zwiększenie pobrania z gleby składników mineralnych. Taka sytuacja zmusza producentów rolnych do poszukiwania innych źródeł składników pokarmowych i stwarza szanse na wykorzystanie odpadów organicznych (np. mączki zwierzęce), będących ubocznymi produktami działalności człowieka. Mączki mięsno-kostne (MMK) są zasobne w substancję organiczną, azot ogólny,

fosfor i wapń oraz niektóre mikroelementy (Nogalska 2013, Stępień i Wojtkowiak 2015). Zawierają również metale ciężkie (kadm, chrom, ołów, rtęć, nikiel), jednak ich ilości są śladowe i nie powinny zagrażać środowisku (Coutand i in. 2008). Azot występujący w postaci mączki mięsno-kostnej może w 80% pokryć potrzeby roślin zbożowych na ten składnik (Jeng i in. 2004). Pierwiastek ten występuje tu w formie organicznej (związki białkowe) i poprzez proces mineralizacji stopniowo uwalnia się do gleby. Większość azotu jest dostępna dla roślin już w pierwszym roku od zastosowania tego nawozu (Nogalska 2013). Ziarno pochodzące z upraw nawożonych mączką mięsno-kostną posiada standardy jakościowe podobne do ziarna pszenicy uprawianej w konwencjonalnym systemie produkcji (Fredriksson i in. 1997). Zwiększenie efektywności wykorzystania mączek mięsno-kostnych przez roślinę można poprawić stosując efektywne mikroorganizmy EM (Mondini i in. 2008). W skład preparatów EM wchodzi 80 gatunków mikroorganizmów beztlenowych i tlenowych reprezentowanych przez bakterie fermentacji mlekowej, bakterie fototroficzne, promieniowce, drożdże i inne grzyby (Martyniuk 2011).

Azot jest najistotniejszym pierwiastkiem wpływającym na kształtowanie zawartości i jakości białka w ziarnie. Prawidłowe proporcje poszczególnych frakcji białek determinują właściwości lepko-sprężyste glutenu, a tym samym cechy reologiczne ciasta, gotowego pieczywa i innych wyrobów piekarskich czy makaronowych (Labuschagne i in. 2006, Wieser 2007). Dotychczasowe badania dowodzą, że właściwie dobrane nawożenie azotem zarówno pod względem rodzaju jak i intensywności powoduje wzrost wydajności i poprawę cech jakościowych ziarna, w tym charakterystykę ilościowo-jakościową białek glutenowych (Cacak- Pietrzak i Sułek 2007, Buczek i in. 2016). O ile wpływ nawożenia azotem na biosyntezę białka jest dobrze poznany, to wiedza naukowa o skutkach stosowania mikroelementów, które są uzupełnieniem podstawowego nawożenia NPK, jest stosunkowo niewielka i niepełna.

Celem głównym badań, których odzwierciedleniem jest cykl publikacji powiązanych tematycznie, była produkcyjna i jakościowa ocena różnych taksonów pszenicy i odmian pszenżyta jarego w zależności od nawożenia. Osiągnięcie głównego celu było możliwe w wyniku realizacji trzech zadań (celów szczegółowych), które obejmowały następujące aspekty:

- (1) Plonowanie i jakość ziarna pszenicy zwyczajnej i orkisz nawożonych Cu, Zn i Mn,
- (2) Plonowanie i jakość ziarna pszenżyta jarego w zależności od poziomu nawożenia azotem - uzupełnionego doglebową lub dolistną aplikacją nawozów wieloskładnikowych (Azofoska,

Ekolist), (3) Jakość ziarna pszenicy jarej i ozimej w zależności od nawożenia mączką mięsno-kostną i stosowania mikroorganizmów efektywnych.

Zadanie 1. Plonowanie i jakość ziarna pszenicy zwyczajnej i orkisz nawożonych Cu, Zn i Mn

Stosowanie nawożenia mineralnego łącznie z mikroelementami prowadzi do zwiększenia plonu jak i zawartości składników mineralnych w ziarnie [Peck i in. 2008].

Wyniki badań dotyczące wpływu dolistnego dokarmiania Cu, Zn i Mn na wydajność i wybrane cechy jakościowe ziarna pszenicy ozimej i orkisz ozimego przedstawiono w **publikacjach 1 i 2**. Do eksperymentu wykorzystano pszenicę orkisz (*Triticum aestivum* spp. *pelta* L. Pers. Mac Key) odmiana Schwabenkorn (**publikacja 1**) i pszenicę zwyczajną (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare* Mac Key) odmiana Boomer (**publikacja 2**). We wszystkich obiektach zastosowano nawożenie azotem w dawce $90 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ z podziałem na dwie części: $54 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ dogłębowo (mocznik 46%) w stadium BBCH 22-23 i $36 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ dolistnie (10% roztwór mocznika) w stadium BBCH 30-31. Nawozy fosforowo-potasowe stosowano przedsięwzię, odpowiednio w dawce $30,2 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1}$ (superfosfat potrójny 46%) i $83,1 \text{ kg K} \cdot \text{ha}^{-1}$ (sól potasowa 56%). Mikroelementy (Cu, Zn i Mn) aplikowano dolistnie pojedynczo lub łącznie, jako wodne roztwory w stadium BBCH 30-31 w dawce $0,2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ każdego składnika.

Plon ziarna pszenicy zwyczajnej i orkisz zależał od warunków pogodowych w latach badań (2011-2013). Mniej korzystny dla plonowania obu badanych pszenic był układ warunków klimatycznych w sezonie 2011/2012, w którym notowano obfite opady w kwietniu i czerwcu. Istotnie większe wydajności uzyskano w sezonie 2012/2013 charakteryzującym się opadami zbliżonymi do wielolecia. Różnica w plonach ziarna pszenicy zwyczajnej w zależności od roku badań wynosiła 30,2%, a pszenicy orkisz 46,5%. Wpływ nawożenia NPK i mikroelementami na wydajność obu pszenic był nieistotny. Nieco korzystniejszy poziom plonowania (niepotwierdzony statystycznie) uzyskano z obiektów, na których zastosowano NPK i Mn (pszenica zwyczajna) lub Cu (pszenica orkisz).

Na podstawie badań z pszenicą zwyczajną wykazano, że gęstość ziarna oraz jego twardość była różnicowana warunkami wilgotnościowo-temperaturowymi w sezonach wegetacji i mikroelementami (**publikacja 2**). Największą masę objętościową i twardość ziarna pszenicy zwyczajnej uzyskano w warunkach pogodowych sezonu 2012/2013. Najmniej korzystnie na gęstość ziarna oddziaływało nawożenie NPK uzupełnione dolistnie o miedź. Istotnie twardsze ziarno uzyskano z obiektów nawożonych NPK i manganem. Masa objętościowa charakteryzuje dorodność i wykształcenie ziarna, co pozwala ocenić jego

przydatność na cele przemiałowe. Ziarno pszenicy zwyczajnej o dobrej wartości przemiałowej powinno mieć gęstość na poziomie co najmniej $72 \text{ kg} \cdot \text{hl}^{-1}$, a najlepiej ponad $76 \text{ kg} \cdot \text{hl}^{-1}$. Dzięki temu można uzyskać wysoki wyciąg mąki jasnej (Budzyński 2012). W niniejszych badaniach uzyskana masa objętościowa była wysoka, w zależności od nawożenia wahała się od 74,8 do $75,4 \text{ kg} \cdot \text{hl}^{-1}$.

Ziarno pszenicy orkisz z obiektu kontrolnego (bez mikroelementów) zawierało więcej białka ogółem (o 26,4%) niż ziarno pszenicy zwyczajnej (**publikacja 1 i 2**). Dolistne dokarmianie cynkiem i manganem powodowało zmniejszenie zawartości białka w ziarnie pszenicy orkisz (o 7,5 i 2,2%), a natomiast zwiększenie jego ilości odnotowano w ziarnie pszenicy zwyczajnej (o 3,8%) w wyniku zastosowania manganu. Miedź nie miała wpływu na zawartość białka w ziarnie badanych pszenic. Mikroelementy (Cu, Zn i Mn) aplikowane łącznie zmniejszały zawartość białka w ziarnie pszenicy orkisz (o 3%). Uzyskane rezultaty nie potwierdziły wyników badań uzyskanych przez Li i in. (2011), zwłaszcza w odniesieniu do Zn. Cytowani autorzy wykazali, że pierwiastek ten bierze czynny udział w procesie asymilacji azotu i przetwarzania go w ziarnie na białko. Przyczyną braku reakcji badanych pszenic na nawożenie cynkiem była wysoka zawartość tego składnika w glebie ($7,5$ i $7,8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), która zabezpieczała podstawowe ich wymagania pokarmowe. Według Korzeniewskiej (2009) wartości krytyczne zawartości tego pierwiastka, w zależności od typu gleby, mieszczą się w przedziale od 0,7 do $11,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Reakcja roślin na cynk jest uzależniona od dostępności N, P i Cu, a w przypadku braku równowagi tych składników w glebie mogą one działać antagonistycznie oraz prowadzić do różnych anomalii we wzroście i rozwoju roślin (Spiak i in. 2000, Malvi 2011).

W ziarnie badanych pszenic białka zapasowe (gliadyny i gluteniny) występowały w znacznie wyższych stężeniach niż białka o charakterze regulatorowym i budulcowym (albuminy i globuliny). Wpływ nawożenia dolistnego mikroelementami (Cu, Zn i Mn) na zawartość poszczególnych frakcji białka był istotny. Uzupełnienie podstawowego nawożenia NPK o mangan powodowało zwiększenie udziału monomerycznych gliadyn (odpowiednio o 5,8 i 7,3%), a uzupełnienie o cynk zwiększenie ilości polimerycznych glutenin (odpowiednio o 3,5 i 15,5%) w białku pszenicy orkisz i zwyczajnej. Mikroelementy zastosowane łącznie (Cu, Zn i Mn) zmniejszyły udział frakcji gliadyn (o 5,6%), a zwiększały udział frakcji glutenin (o 5,8%) w białku pszenicy orkisz. Stosunek gliadyn do glutenin w białku obu badanych pszenic był zbliżony (1:1), świadczy to o wysokiej wartości technologicznej białka. W pszenicy zwyczajnej pogorszenie właściwości wypiekowych ziarna notowano po dodatkowym nawożeniu cynkiem. Według Chrenkovej i in. (2000) relacje gliadyn

do glutenin wynoszą 1,25:1 dla orkisz i 1,13:1 dla pszenicy zwyczajnej. Generalnie przyjmuje się, że proporcje tych frakcji zależą od czynników genetycznych i środowiskowych (Labuschagne i in. 2006). W badaniach własnych (pogorszenie właściwości wypiekowych) mogło to być wynikiem metabolicznego antagonizmu między jonami Zn i Cu. Według Liu i in. (2015) nawożenie zbóż cynkiem może oddziaływać na proporcje monomerycznych gliadyn do polimerycznych glutenin, jednak konkretne mechanizmy nie są dokładnie poznane. Wiadomo, że dokarmianie cynkiem może zmienić stosunek reszt cysteiny (Peck i in. 2008) i w konsekwencji wpływać na sieciowanie białek glutenowych, a to oddziałuje na właściwości strukturalne i reologiczne glutenu (Tamás i in. 2002).

Jakość technologiczna ziarna pszenicy jest determinowana składem białek glutenowych (Świeca i in. 2014). W przeprowadzonych badaniach dolistne nawożenie manganem pszenicy orkisz i zwyczajnej powodowało zmiany zawartości podjednostek frakcji białek gliadynowych - zwiększenie zawartości ω gliadyn (odpowiednio o 8,0 i 19,9%), α/β gliadyn (odpowiednio o 6,0 i 9,5%) oraz γ gliadyn (odpowiednio o 5,3 i 2,1%). Uzupełnienie podstawowego nawożenia NPK o miedź lub mikroelementy (Cu, Zn i Mn) aplikowane łącznie skutkowało u pszenicy zwyczajnej zwiększeniem zawartości w ziarnie białka gliadyn ω (o 18,7 i 20,3%), α/β (o 4,9 i 10,5%) oraz γ (o 3,4 i 12,1%). Po zastosowaniu miedzi nastąpiły zmiany udziału frakcji gliadynowych poprzez zmniejszenie zawartości ω gliadyn (6,4%) i α/β gliadyn (o 5,7%), a Cu, Zn i Mn zastosowane łącznie, zmniejszenie zawartości γ gliadyn (o 10%) w białku orkisz. Dolistne nawożenie cynkiem zmniejszyło zawartość α/β i γ gliadyn (6,1 i 11,8%) w ziarnie pszenicy orkisz oraz ω , α/β i γ gliadyn (o 7,8%, 5,5% i 9,7%) w ziarnie pszenicy zwyczajnej.

Zawartość wielkocząsteczkowych podjednostek glutenin (HMW) oraz niskocząsteczkowych podjednostek glutenin (LMW) jest uwarunkowana genetycznie (Wieser 2007). Ich nieznaczny wzrost można uzyskać na skutek aplikacji azotu w późniejszych stadiach rozwoju roślin (Luo i in. 2000). W przeprowadzonych badaniach dolistne dokarmianie cynkiem skutkowało zwiększeniem w obrębie glutenin zawartości białka HMW (odpowiednio o 5,2%) w ziarnie pszenicy orkisz oraz HMW i LMW (o 38,8 i 6,7%) w ziarnie pszenicy zwyczajnej. Nawożenie manganem powodowało wzrost zawartości glutenin HMW (o 18,9%) i glutenin LMW (o 4,5%) w ziarnie pszenicy zwyczajnej, a spadek zawartość LMW (o 11,6%) w ziarnie pszenicy orkisz. Korzystnie na zawartość wielkocząsteczkowych i niskocząsteczkowych podjednostek glutenin wpływała także dolistna aplikacja mikroelementów (łącznie Cu, Zn i Mn). W takich warunkach nawożenia notowano zwiększenie

zawartości glutenin HMW i LMW (odpowiednio o 5,8 i 5,7%) w ziarnie pszenicy orkisz i glutenin HMW (o 7,9%) w ziarnie pszenicy zwyczajnej.

Ważnym wyróżnikiem wartości wypiekowej określającym ilość i jakość kompleksu białkowego ziarna pszenicy jest ilość glutenu i wskaźnik sedymentacyjny Zeleny'ego (Budzyński 2012). W niniejszych badaniach (**publikacja 2**) ilość glutenu w ziarnie pszenicy zwyczajnej mieściła się w zakresie od 22,3 do 23,7%, to nie spełniało wymaganego minimum (co najmniej 25%) dla surowca przeznaczonego na mąkę do wypieku pieczywa. Wskaźnik sedymentacyjny Zeleny'ego kształtował się na poziomie od 24,1 do 28,0 cm³ - wskazuje to na minimalną przydatności ziarna do produkcji mąki. Nawożenia NPK w połączenie z mikroelementami miało niewielki wpływ na ilość glutenu i wskaźnik sedymentacyjny Zeleny'ego. Wykazano jedynie istotne zwiększenie omawianych wyróżników jakościowych w przypadku opryskiwania pszenicy zwyczajnej manganem.

Badania (**publikacja 1 i 2**) wykazały, że ziarno pszenicy orkisz uprawianej w tych samych warunkach siedliskowych i przy porównywalnym nawożeniu mineralnym zawierało więcej miedzi, cynku i manganu niż ziarno pszenicy zwyczajnej. Wykazano dodatnią korelację między zawartością cynku i γ gliadyn w ziarnie obu podgatunków pszenic oraz zawartością miedzi a plonem, zawartością białka, wskaźnikiem sedymentacyjnym, gęstością i twardością ziarna pszenicy zwyczajnej. Stwierdzone korelacje były jednak stosunkowo słabe, ponieważ omawiane pszenice charakteryzują się różnym składem chemicznym, a dodatkowo różnicowanymi latami badań, co świadczy o dużej ich wrażliwości na zmienne warunki pogodowe.

Zadanie 2. Plonowanie i jakość ziarna pszenżyta jarego w zależności od poziomu nawożenia azotem - uzupełnionego doglebową lub dolistną aplikacją nawozów wieloskładnikowych (Azofoska, Ekolist)

Badania naukowe wskazują na dużą potencjalną użyteczność ziarna pszenżyta na cele piekarskie (Tohver i in. 2005, Martinek i in. 2008). Jego wartość wypiekowa zależy od ilości i jakości białek zapasowych na które wpływ mają głównie czynniki genetyczne i środowiskowe (McGoverin i in. 2011). Poprawę cech jakościowych ziarna pszenżyta można uzyskać stosując odpowiednią agrotechnikę (Iwański i in. 2009). W ostatnim latach obserwuje się wzrost zainteresowania nawozami wieloskładnikowymi aplikowanymi doglebowo lub dolistnie. Nawozy wieloskładnikowe zawierające makroelementy powinny być stosowane doglebowo, gdyż jedynie system korzeniowy roślin może je pobrać w znacznych ilościach.

Korzystniejszym sposobem zaopatrywania roślin w mikroelementy jest ich dolistna aplikacja, najlepiej w formie chelatowej (Szewczuk i Michałojć 2003).

Płynne nawozy mikroelementowe, w których metal/mikroskładnik jest połączony z cząsteczką organiczną (chelaty), są efektywniejsze (szybszy transport mikroelementów do tkanek i komórek) i łatwiejsze do stosowania (Szewczuk i Sugier 2009). Łączna aplikacja podstawowych makro i miroskładników umożliwia najczęściej uzyskanie wyższych plonów ziarna o korzystnych cechach jakościowych (Malakouti 2008).

Wyniki badań nad wpływem nawożenia azotem stosowanym bez lub w połączeniu z mikroelementami na plon i jakość pszenżyta jarego przedstawiono w **publikacji 3, 4 i 5**. Do badań wykorzystano pszenżyto jare (*×Triticosecale* Wittm.) odmiany Milewo (**publikacja 3 i 4**) i Andrus (**publikacja 5**). Azot stosowano doglebowo lub doglebowo i dolistnie w dawce 80 i 120 kg·ha⁻¹, bez i z dodatkiem mikroelementów. Dolistnie stosowany Ekolist w dawce 2,0 dm³·ha⁻¹ zawierał (g·dm³): N – 240,0; K – 130,0; Mg – 40,0; S – 10,0; Cu – 10,0; Zn – 5,0; Mn – 1,0; Fe – 2,0; Mo – 0,04 i B – 10,0. Z Azofoską zastosowaną doglebowo wniesiono: (kg·ha⁻¹): N – 20,0; P – 2,69; K – 23,38; Mg – 3,98 i S – 13,42; Cu – 0,26; Zn – 0,07; Mn – 0,39; Fe – 0,25; Mo – 0,06 i B – 0,07.

Pszenżyta jare odmiany Andrus plonowało od 5,9 do 6,6 t·ha⁻¹ (średnia z lat 2010-2011), a odmiany Milewo od 5,4 do 6,9 t·ha⁻¹ (w latach 2010 i 2011) (**publikacja 3 i 5**). Badania wykazały, że nawożenie azotem (80 i 120 kg·ha⁻¹) bez lub z mikroelementami (Ekolist i Azofoska) nie różnicowało istotnie wydajności pszenżyta. Większa dawka azotu (120 kg N·ha⁻¹) powodowała istotne zwiększenie plonu ziarna pszenżyta jarego odm. Milewo (o 1,45 t·ha⁻¹), tylko w drugim roku badań (2011). Zastosowanie Azofoski w wariantach nawożonych 120 kg N·ha⁻¹ skutkowało uzyskaniem wysokiego plonu ziarna obu odm. pszenżyta (ok. 6,6 t·ha⁻¹).

Wyniki prezentowanych prac (**publikacja 4 i 5**) potwierdziły wysoką zawartość białka w ziarnie pszenżyta jarego, odm. Milewo i Andrus - 17,2 i 14,7 %. Największy udział w nim miały prolaminy (54,4–70,0%) i gluteliny (23,3–31,04%), a najmniejszy - albuminy i globuliny (6,7 –14,6%).

Zwiększenie dawki nawożenia azotu z 80 do 120 kg N·ha⁻¹ skutkowało większą zawartością białka w ziarnie, a szczególnie sprzyjało akumulacji albumin z globulinami w ziarnie odm. Andrus (wzrost o 5%, niepotwierdzony statystycznie) i monomerycznych prolamin w ziarnie odm. Milewo (wzrost o 4,2%). U obu odmian pszenżyta jarego (Milewo i Andrus) większa dawka azotu (120 kg N·ha⁻¹) powodowała zwiększenie udziału białek

prolaminowych frakcji ω (odpowiednio o 9,4% i 7,4%) oraz nagromadzenia α/β prolamin w ziarnie odm. Milewo (o 6,7%) i LMW glutelin w ziarnie odm. Andrus (o 4,8%).

W badaniach własnych udowodniono istotny wpływ dolistnego nawożenia Ekolistem lub doglebowego Azofoską, na zawartość i skład poszczególnych frakcji białka w ziarnie pszenżyta jarego. Ekolist zastosowany z 80 kg N·ha⁻¹ spowodował zwiększenie zawartości białka ogółem w ziarnie odm. Andrus o 7,1%, a w ziarnie odm. Milewo o 4,3%. Natomiast zastosowanie Ekolistu lub Azofoski (w połączeniu z 120 kg·N·ha⁻¹) wpłynęło na zmniejszenie akumulacji tego składnika u odm. Andrus (odpowiednio o 4,5 i 4,6%). Bez względu na odmianę Ekolist aplikowany dolistnie z 80 kg N·ha⁻¹ powodował zwiększenie zawartości (o ok. 5%) frakcji monomerycznych prolamin, a u odmiany Milewo również polimerycznych glutelin (o 4,7). W tych warunkach w obrębie białek glutenowych notowano zwiększenie koncentracji α/β prolamin (o 5,8%) i LMW glutelin (o 15,2%) w ziarnie odm. Andrus oraz ω , γ prolamin (odpowiednio o 8,2% i o 5,8%) i LMW glutelin (o 4,5%) w ziarnie odm. Milewo.

W obiektach nawożonych 80 kg N·ha⁻¹, Azofoska zastosowana w fazie krzewienia powodowała istotne zwiększenie zawartości glutelin (o 13,8%) w ziarnie odm. Andrus, a zastosowanie tego nawozu w obiektach z wyższą dawką azotu (120 kg N·ha⁻¹) skutkowało zmniejszeniem zawartości frakcji prolamin (o 5,4%). Zastosowanie Ekolistu lub Azofoski w wariantach nawożonych 120 kg N·ha⁻¹ powodowało znaczne zmniejszenie udziału podjednostek prolaminowych frakcji ω (odpowiednio o 7,8 - niepotwierdzone statystycznie i o 22,6%) i α/β (odpowiednio o 7,7 i 4,3%) w ziarnie odm. Andrus. Zmiany w składzie białek prolaminowych wpłynęły na zawężenie stosunku monomerycznych prolamin do polimerycznych glutelin.

Wykazano, że niektóre warianty nawożenia azotem bez lub z mikroelementami sprzyjały akumulacji białka w ziarnie, to jednak wzrastała głównie ilość białek monomerycznych, które i tak występują w przewodzie w ziarnie pszenżyta. Świadczy to o braku możliwości poprawy cech wypiekowych ziarna pszenżyta jarego w wyniku testowanych wariantów nawożenia.

Zadanie 3. Jakość ziarna pszenicy jarej i ozimej w zależności od nawożenia mączką mięsno-kostną i stosowania mikroorganizmów efektywnych

Wyniki wieloletnich badań pozwalają stwierdzić, że mączki mięsno-kostne są bogatym źródłem azotu, fosforu, wapnia i mikroelementów (Stępień i Wojtkowiak 2015). Ich korzystne oddziaływanie wynika z podniesienia urodzajności gleby, głównie na skutek zwiększenia w niej zawartości makro i mikroskładników, w tym szczególnie azotu ogólnego (Jeng

i in. 2006). Według Wołoszyka i in. (2011) łączne wykorzystanie przez rośliny azotu z odpadów lub nawozów organicznych w pierwszym roku od zastosowania wynosi od 25,5 do 27,3%, a ich działanie następcze zależy w dużej mierze od przebiegu warunków pogodowych. Poprawę efektywności wykorzystania składników pokarmowych zawartych w mączce mięsno-kostnej można uzyskać poprzez wprowadzenie do gleby efektywnych mikroorganizmów (EM-1). Wykazują one dużą aktywność metaboliczną oraz ogromny wpływ na większość procesów zachodzących w środowisku glebowym (Mondini i in. 2008). Dzięki EM-1 poprawia się struktura gleby, niwelują one negatywne skutki uprawy roślin w monokulturze, a w efekcie zwiększają plon i jego jakość.

Przedstawione do oceny **publikacje (6, 7 i 8)** dotyczyły wpływu nawożenia mączką mięsno-kostną na zawartość i skład frakcyjny białka ziarna pszenicy ozimej i jarej, uprawianych w zmianowaniu. Nawożenie mączką w dawkach od 1,0 do 2,5 t·ha⁻¹, stosowano bez lub z dodatkiem efektywnych mikroorganizmów (EM-1), a ich efektywność porównano z nawożeniem mineralnym NPK i obornikiem. W badaniach testowano pszenicę jarą odmiany Nawra i Tybalt (**publikacja 6 i 8**) oraz pszenicę ozimą odmiany Oliwin (**publikacja 7 i 8**).

W badaniach własnych wykazano, że zastosowanie mączki mięsno-kostnej bez i łącznie z EM-1 skutkowało zwiększeniem zawartości białka w ziarnie (na większości obiektów) testowanych odmian pszenicy jarej i ozimej w porównaniu do nawożenia NPK (od 1,0 do 18,6%) i obornikiem (od 1,1 do 12,0%). Korzystne oddziaływanie efektywnych mikroorganizmów (EM-1), na wzrost zawartości białka w ziarnie odmiany Oliwin (o 6,9%), Nawra (o 4,6%) i Tybalt (o 2,1%), notowano tylko po zastosowaniu największą dawką (2,5 t·ha⁻¹) mączki mięsno-kostnej.

W procesie powstawania i wypieku pieczywa szczególnie ważną rolę pełnią substancje białkowe, zwłaszcza gliadyny i gluteniny wchodzące w skład glutenu. Uczestniczą one w kształtowaniu właściwości reologicznych ciasta (Świeca i in. 2014). Przedstawione do oceny odmiany pszenicy jarej i ozimej różniły się nie tylko zawartością, ale i składem frakcyjnym białka. Białka zapasowe (gliadyny i gluteniny) stanowiły od 72,4 do 82,9%, przy czym większą ich zawartość stwierdzono u odmian pszenic jarych, uprawianych w drugim i piątym roku zmianowania (**publikacja 6 i 7**). Nawożenie mączką mięsno-kostną w dawkach od 1,0 do 2,5 t·ha⁻¹ powodowało zmiany zawartości tych frakcji białek (gliadyny + gluteniny), a największy przyrost odnotowano po zastosowaniu mączki w dawce 2,5 t·ha⁻¹ z dodatkiem EM-1 (z wyjątkiem ziarna pszenicy jarej odmiany Nawra). Takie nawożenie w porównaniu do nawożenia mineralnego NPK lub obornikiem skutkowało istotnym zwiększeniem zawartości monomerycznych gliadyn (o 9,6 i 7,6%) i polimerycznych glutenin (o 16,7 i 10,2%) tylko

w ziarnie pszenicy jarej odm. Tybalt. W przypadku pszenicy jarej odm. Nawra na zawartość omawianych frakcji białka działała mączka mięsno-kostna aplikowana w dawce $2,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. W porównaniu do nawożenia NPK lub obornikiem, notowano wzrost zawartości białek zapasowych w ziarnie, w tym gliadyn (o 16,3 i 10,9%) i glutenin (odpowiednio o 2,9- niepotwierdzone statystycznie i 6,8%). Najbardziej korzystnie na skład białka (duży udział białek zapasowych w ogólnej zawartości białka) pszenic jarych oddziaływało nawożenie mączką w dawce $1,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ razem EM-1, a pszenicy ozimej $1,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ MMK.

Wśród frakcji gliadyn, dominującą frakcją w białku ziarna badanych odmian pszenicy były gliadyny α/β (**publikacja 8**). W stosunku do nawożenia NPK lub obornikiem mączka mięsno kostna bez lub z dodatkiem EM-1 silniej modyfikowała zmienność zawartości podjednostek białka gliadyn w pszenicy w zakresie od 0 do 16,7% ω gliadyn, od 2,0 do 12,0% α/β gliadyn oraz od 0 do 15,6% γ gliadyn. Zawartość niskocząsteczkowych podjednostek glutenin (LMW) w ziarnie badanych odmian pszenicy była większa niż wielocząsteczkowych podjednostek glutenin (HMW). Zawartość HMW umożliwia tworzenie wiązań dwusiarczkowych, co prowadzi do zwiększenia stopnia polimeryzacji białek i w efekcie służy poprawie jakości pieczywa (Fuertes-Mendizábal i in. 2010). Mączka mięsno-kostnej bez i łącznie z EM-1 powodowała zmiany udziału HMW (odpowiednio o 5,5 i 9,6%) i LMW (o 5,7 i 6,3%) w ziarnie pszenicy jarej odm. Nawra oraz glutenin HMW w ziarnie odm. Tybalt (odpowiednio o 11,6 i 10,1%) w porównaniu do nawożenia mineralnego NPK. Nawożenie mączką, bez lub z dodatkiem efektywnych mikroorganizmów powodowało zmniejszenie zawartości glutenin LMW w ziarnie pszenicy ozimej (o 17,6 i 13,1%) w stosunku do nawożenia NPK i (o 10,0 i 5,0%) obornikiem.

Nawożenie pszenic mączką mięsno-kostną powodowało zmiany zawartości frakcji gliadynowych i gluteninowych. Najszerzy stosunek gliadyn do glutenin (od 1.26:1 do 1.62:1) stwierdzono w ziarnie pszenicy ozimej odmiany Oliwin. Większy udział gliadyn świadczy o potencjalnej przewadze lepkich cech białka nad sprężystymi, co skutkuje pogorszeniem wartości technologicznej białka/mąki. W przypadku odmian pszenicy jarej korzystnie na proporcjonalny udział gliadyn i glutenin (1,13:1) oddziaływało nawożenie mączką stosowane w dawce $2,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Podsumowując, należy stwierdzić, że ilość substancji białkowych w ziarnie pszenicy jarej i ozimej była przeważnie wyższa w porównaniu z nawożeniem mineralnym NPK lub obornikiem, co potwierdza wysoką wartość nawozową mączki mięsno-kostnej.

Podsumowanie

Prezentowany zbiór powiązanych tematycznie publikacji naukowych, pod tytułem „*Wpływ wybranych sposobów nawożenia na plon i cechy technologiczne ziarna zbóż*” wnosi wiele ważnych elementów zarówno z naukowego, jak i praktycznego punktu widzenia w zakresie uściślenia zabiegów nawożenia w technologii produkcji surowców na cele piekarskie. W dostępnej literaturze brakuje wyników badań dotyczących kształtowania cech technologicznych ziarna pszenicy orkisz i zwyczajnej, zwłaszcza w odniesieniu do określenia składu frakcyjnego białka glutenowego w zależności od dolistnego nawożenia Cu, Zn i Mn. W przeprowadzonych badaniach skwantyfikowano wpływ nawożenia mikroelementami na plon i jakość ziarna dwóch taksonów pszenic – zwyczajnej i orkiszowej.

W ziarnie oznaczono zawartość białka, jego frakcje, ilość glutenu, wskaźnik sedymentacyjny Zeleny'ego, twardość i gęstość ziarna. Określono związki między aplikacją Cu, Zn i Mn i ich kumulacją w ziarnie, a plonem i wskaźnikami określającymi jakość technologiczną ziarna pszenicy i orkisz. Udowodniono istotne wpływy zastosowanych mikroelementów na zawartość białka, jego frakcje oraz ilość i jakość kompleksu glutenowego oraz brak ich oddziaływania na plonowanie obu taksonów pszenic. W badaniach nad pszenżytem jarym określono wpływ różnego poziomu nawożenia azotem uzupełnionego Azofoską lub Ekolistem na plon ziarna oraz zawartość i skład frakcyjny białka. Wykazano korzystne oddziaływanie stosowanych nawozów wieloskładnikowych na cechy jakościowe ziarna. Uzyskano niskie wartości wypiekowe ziarna pszenżyta jarego, determinowane głównie przez zawartość i cechy funkcjonalne białek zapasowych, to czyni go surowcem mało przydatnym do produkcji dobrej jakości pieczywa. Wykonano analizę wpływu stosowania mączki mięsno-kostnej oraz mikroorganizmów efektywnych na wybrane cechy technologiczne ziarna pszenicy ozimej i jarej. Potwierdzono wysoką wartość nawozową mączki mięsno-kostnej.

Bibliografia

1. Bielski S., Dubis B., Budzyński W. 2015. Influence of nitrogen fertilisation on the technological value of semi-dwarf alekto and gniewko Polish Journal of Natural Sciences, 30(4): 325–336.
2. Bojňanská T., Frančáková H. 2002. The use of spelt wheat (*Triticum spelta* L.) for baking applications. Rostlinná Výroba, 48: 41–147.
3. Buczek J., Jarecki W., Bobrecka-Jamro D. 2016. The response of population and hybrid wheat to selected agro-environmental factors. Plant Soil and Environment, 62(2): 67–73.

4. Budzyński W. (red.). 2012. Pszenice – zwyczajna, orkisz, twarda. Uprawa i zastosowanie. Wyd. PWRiL, Poznań, ss. 328.
5. Cacak-Pietrzak G., Sułek A. 2007. Wpływ poziomu nawożenia azotem na plonowanie i jakość technologiczną ziarna pszenicy jarej. Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, 245: 47–55.
6. Chrenková M., Čerešňáková Z., Sommer A., Gálová Z., Králová V. 2000. Assessment of nutritional value in spelt (*Triticum spelta* L.) and winter wheat (*Triticum aestivum* L.) by chemical and biological methods. Czech Journal Animal Science, 45: 133–137.
7. Christa K. 2009. Leczenie żywieniowe w zespole chorób celiaktycznych. Przegląd Zbożowo-Młynarski, 10(53): 15.
8. Coutand M., Cyr M., Deydier E., Guilet R., Clastres P. 2008. Characteristics of industrial and laboratory meat and bone meal ashes and their potential applications. Journal of Hazardous Materials, 150 (3), 522–532.
9. Fredriksson H., Salomonsson L., Salomonsson A.C. 1997. Wheat cultivated with organic fertilizers and urea: Baking performance and dough properties, Acta Agriculturae Scandinavica, Section B–Soil & Plant Science, 47(1): 35–42.
10. Fuertes-Mendizábal T., Aizpurua A., González-Moro M.B., Esta-Villo J.M. 2010. Improving wheat breadmaking quality by splitting the N fertilizer rate. European Journal of Agronomy, 33: 52–61.
11. Hänsch R., Mendel R.R. 2009. Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl). Current Opinion in Plant Biology, 12: 259–266.
12. Hansen R. 2012. Triticale: aviable alternative for iowa producers and livestock feeders? Iowa State University, Marceting Resource Center, 4: 1-2.
13. Iwański R., Wiancki M., Tokarczyk G., Stankowski S. 2009. Wpływ metod konwencjonalnych i ekologicznych uprawy pszenżyta na wartość wypiekową mąki i jakość pieczywa. Folia Pomeranae Universitatis Technologiae Stetinensis, 269(9): 19–32.
14. Jeng A.S., Haraldsen T.K., Gronlund A., Pedersen P.A. 2006. Meat and bone meal as nitrogen and phosphorus fertilizer to cereals and rye grass. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 76: 183–191.
15. Jeng A.S., Haraldsen T.K., Vagstad N., Grnlund N. 2004. Meat and bone meal as nitrogen fertilizer to cereals in Norway. Agricultural and Food Science, 13: 268–275.
16. Jonnala R.S., Irmak S., Macritchie F., Bean S.R. 2010. Phenolices in the bran of waxy wheat and triticale lines. Journal of Cereal Science, 52: 509-515.
17. Knapowski T., Spychaj-Fabisiak E., Kozera W., Barczak B., Murawska B. 2016. Mineral Fertilization and Baking Value of Grain and Flour of *Triticum aestivum* ssp. *spelta* L. American Journal of Experimental Agriculture, 11(4): 1–11.
18. Knapowski T., Spychaj-Fabisiak E., Kozera W., Barczak B., Murawska B., Nowak K. 2015. Reakcja pszenicy orkisz na zastosowane nawożenie mineralne. Ekologia i Technika, 23(3): 129–134.
19. Kohajdová Z., Karovičová J. 2008. Nutritional value and baking application of spelt wheat. Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria, 7(3):5–14.
20. Kopeć A., Bać A. 2013. Wpływ dodatku mąki łubinowej na jakość chleba pszenżytniego. Nauka Technologia Jakość, 5 (90): 142-153.
21. Korzeniowska J. 2009. Znaczenie cynku w uprawie pszenicy. Postępy Nauk Rolniczych, 2: 3–17.
22. Labuschagne M.T., Meintjes G., Groenewald F.P.C. 2006. The influence of different nitrogen treatments on the size distribution of protein fractions in hard and soft wheat. Journal of Cereal Science, 43: 315–321.
23. Li X.L., Cao Y.X., Tian X.H., Yang F., Lu X.C., Liu B.R. 2011. Effect of Zn application methods on distribution of Zn, phytate and protein in wheat pearling fractions. Journal of Northwest Sci- Tech University of Agriculture and Forestry, 39: 81–89.
24. Lin C.W., Chang H.B., Huang H.J. 2005. Zinc induces mitogen-activated protein kinase activation mediated by reactive oxygen species in rice roots. Plant Physiology and Biochemistry, 43: 963–968.

25. Liu H.E., Wang Q.Y., Rengel Z., Zhao P. 2015. Zinc fertilization alters flour protein composition of winter wheat genotypes varying in gluten content. *Plant Soil and Environment*, 61(5): 195–200.
26. Luo C., Branlard G., Griffin W.B., McNeil D.L. 2000. The effect of nitrogen and sulphur fertilisation and their interaction with genotype on wheat glutenins and quality parameters. *Journal of Cereal Science*, 31: 185–194.
27. Majewska K., Dąbkowska E., Żuk-Gołaszewska K., Tyburski J. 2007. Wartość wypiekowa mąki otrzymanej z ziarna wybranych odmian orkiszu (*Triticum Spelta* L.). *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2(51): 60–71.
28. Malakouti M.J. 2008. The effect of micronutrients in ensuring efficient use of macronutrients. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32:215–220.
29. Malvi U.R. 2011. Interaction of micronutrients with major nutrients with special reference to potassium. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, 24(1): 106–109.
30. Martinek P., Vinterová M., Burešová I., Vyhnánek T. 2008. Agronomic and quality characteristics of triticale ($\times$ *Triticosecale* Wittmack) with HMW glutenin subunits 5+10. *Journal of Cereal Science*, 47: 68–78.
31. Martyniuk S. 2011. Skuteczne i nieskuteczne preparaty mikrobiologiczne stosowane w ochronie i uprawie roślin oraz rzetelne i nierzetelne metody ich oceny. *Postępy Mikrobiologii*, 50: 321–328.
32. McGoverin C.M., Snyders F., Muller N., Botes W., Fox G., Manley M. 2011. A review of triticale uses and the effect of growth environment on grain quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91: 1155–1165.
33. Mikos M., Podolska G. 2012. Bread-making quality of old common bread (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare* L.) and spelt (*Triticum aestivum* ssp. *spelta* L.) wheat cultivars. *Journal of Food Agriculture & Environment*, 10 (3-4): 221–224.
34. Mondini C., Cayuela M.L., Sinicco T., Sanchez-Monedero M.A., Bertolone E., Bardi L. 2008. Soil application of meat and bone meal. Short-term effects on mineralization dynamics and soil biochemical and microbiological properties. *Soil Biology and Biochemistry*, 40: 462–474.
35. Nogalska A. 2013. Changes in the soil nitrogen content caused by direct and residual effect of meat and bone meal. *Journal of Elementology*, 18(4): 659–671.
36. Peck A.W., McDonald G.K., Graham R.D. 2008. Zinc nutrition influences the protein composition of flour in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Cereal Science*, 47: 266–274.
37. Pruska-Kędzior A., Kędzior Z., Klockiewicz-Kamińska E. 2008. Comparison of viscoelastic properties of gluten from spelt and common wheat. *European Food Research and Technology*, 227: 199–207.
38. Rachoń L., Szumiło G., Brodowska M., Woźniak A. 2015. Nutritional value and mineral composition of grain of selected wheat species depending on the intensity of a production technology. *Journal of Elementology*, 20(3): 705–715.
39. Schober T.J., Beana S.R., Kuhn M. 2006. Gluten proteins from spelt (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*) cultivars: archeological and size-exclusion high-performance liquid chromatography study. *Journal of Cereal Science*, 44: 161–173.
40. Spiak Z., Radoła J., Romanowska M. 2000. Wpływ nawożenia fosforowego i azotowego na pobranie cynku przez rośliny. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 471: 521–528.
41. Stępień A., Wojtkowiak K. 2015. Effect of meat and bone meal on the content of microelements in the soil and wheat grains and oilseed rape seeds. *Journal of Elementology*, 20(4): 999–1010.
42. Sulewska H., Koziara W., Panasiewicz K., Ptaszyńska G., Morozowska M. 2008. Skład chemiczny ziarna oraz plon białka odmian ozimych orkiszu pszennego w zależności od wybranych czynników agrotechnicznych. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 53(4): 92–95.
43. Szewczuk C., Michałojć Z. 2003. Praktyczne aspekty dolistnego dokarmiania roślin. *Acta Agrophysica*, 85: 19–29.

44. Szewczuk C., Sugier D. 2009. Ogólna charakterystyka i podział nawozów dolistnych oferowanych na polskim rynku. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska Sectio E Agricultura*, LXIV(1): 29–36.
45. Świeca M., Dzik D., Gawlik-Dzik U., Różyło R., Andruszczak S., Kraska P., Kowalczyk D., Pałys E., Baraniak B. 2014. Grinding and nutritional properties of six spelt (*Triticum aestivum* ssp. *spelta* L.) cultivars. *Cereal Chemistry*, 91(3): 247–254.
46. Tamás L., Gras P.W., Solomon R.G., Morell M.K., Appels R., Békés F. 2002. Chain extension and termination as a function of cystein content and the length of the central repetitive domain in storage proteins. *Journal of Cereal Science*, 36: 313–325.
47. Tohver M., Kann A., Taht R., Mihhalevski A., Hakman J. 2005. Quality of triticale cultivars suitable for growing and bread-making in northern conditions. *Food Chemistry*, 89: 125–132.
48. Tyburski J., Żuk-Gołaszewska K. 2005. Orkisz–zboże naszych przodków. *Postępy Nauk Rolniczych*, 4(52): 3–13.
49. Wieser H. 2007. Chemistry of gluten proteins. *Food Microbiology*, 24: 115–117.
50. Wołoszyk Cz., Krzywy-Gawrońska E., Iżewska A. 2011. Plonowanie roślin i wykorzystanie azotu w dwóch ogniwach zmianowania w zależności od zróżnicowanego nawożenia organicznego. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 565: 393–403.
51. Yruela I. 2005. Copper in plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 17(1):145–156.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych

Moja praca naukowo- badawcza po doktoracie (oprócz 8 prac ujętych w osiągnięciu naukowym) została udokumentowana opublikowanymi 48 oryginalnymi, autorskimi bądź współautorskimi opracowaniami. Szczegółowy wykaz osiągnięć naukowych przedstawiam w załączniku 5, a ich strukturę w tabeli 1.

Tabela 1

Wykaz osiągnięć w pracy naukowej, pozycje opublikowane po uzyskaniu stopnia doktora wraz z zestawieniem punktów (z wyłączeniem prac ujętych w osiągnięciu naukowym)

Wyszczególnienie	Liczba prac	Liczba punktów Wg. MNiSW	IF
Acta Scientiarum Polonorum s. Agricultura.	1	11	0,637
Chilean Journal of Agricultural Research	1	25	
Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis	5	15	
Fragmenta Agronomica	1	5	
Journal of Central European Agriculture	1	14	
Journal of Elementology	3	45	2,099
Molecules	1	25	2,428
Polish Journal of Natural Sciences	7	78	
Roczniki Nauk Rolniczych, Seria A.	1	3	
Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych	19	81	
Technical Sciences	1	4	
Inne prace punktowane			

The quality of rainbow trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i> , Walbaum 1792) from technologies applied in Poland.(współautorstwo rozdziału)	1	5	
Safety of the system: Technical, organizational and human work safety determinants (współautorstwo rozdziału)	1	5	
Bezpieczeństwo systemu człowiek-obiekt techniczny-otoczenie (współautorstwo rozdziału)	1	3	
Rolnictwo XXI wieku – problemy i wyzwania (autorstwo rozdziału)	1	4	
<i>Publikacje w wydawnictwach konferencyjnych</i>			
Inżynieria Ekologiczna	2	2	
The 18th international symposium on analytical and environmental problems, with special emphasis on heavy metal ions as contaminants 2012:109-104	1		
<i>Suma</i>	48	325	5,164

Spośród 48-miu pozycji w 9 jestem jedynym lub pierwszym autorem. Mój udział w pozostałych pracach ma charakter zespołowy. Wynika to, ze specyfikacji specjalności naukowej jaką reprezentuję (chemia rolna) oraz konieczności współpracowania z naukowcami z innych jednostek naukowych (spoza Wydziału Nauk Technicznych). W pracach zespołowych aktywnie uczestniczyłam we wszystkich etapach ich powstawania.

Zasadnicze kierunki mojej tematyki badawczej dotyczą następujących zagadnień:

1. Ocena skuteczności różnych rodzajów i sposobów nawożenia w produkcji zbóż
2. Wartość odżywcza i technologiczna roślin
3. Możliwości rolniczego zagospodarowania mączek mięsno-kostnych

Najczęściej podejmowany kierunek badań dotyczył oddziaływania nawożenia na plonowanie i jakość ziarna różnych gatunków zbóż. Przedmiotem badań były polskie odmiany pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* L.), pszenżyta (X *Triticosecale* Wittmack), żyta (*Secale cereale* L.) oraz jęczmienia zwyczajnego (*Hordeum vulgare* L.), które nawożono nawozami organicznymi, organiczno-mineralnymi oraz mineralnymi z mikroelementami.

Fizjologiczna funkcja mikroelementów polega na regulacji podstawowych procesów metabolicznych – fotosyntezy, gospodarki fitohormonalnej, gospodarki azotem i podatności roślin na niektóre choroby. Brak mikroelementów najczęściej prowadzi do obniżenia plonu i wyraźnego pogorszenia jego jakości. W podjętych badaniach mikroelementy (Cu, Zn i Mn) podawano (pojedynczo lub łącznie) w postaci soli siarczanowych lub nawozów wieloskładnikowych (Ekolist, Agrozol Z, Azofoska,) w formie stałej lub płynnej. Cu, Zn i Mn

aplikowano doglebowo w dawkach 5 i 10 kg·ha⁻¹ lub dolistnie w dawkach 0,2 i 0,4 kg·ha⁻¹. Efektywność nawożenia mikroelementami porównywano z nawozami jednoskładnikowymi w identycznych dawkach w stosunku do N, P i K. Otrzymane wyniki mają duże zastosowanie w praktyce rolniczej, ponieważ obok prac hodowlanych (nowe odmiany) są wciąż aktualnym sposobem na zwiększanie produktywności zbóż oraz poprawy ich cech użytkowych.

Badania podejmowane w obszarze produkcji zbóż dotyczyły głównie oceny plonowania i jakości ziarna różnych odmian pszenżyta jarego (Maja, Jago, Gabo, Andrus i Milewo) i ozimego (Malno, Dinaro). Potwierdzono zróżnicowaną ich reakcję na poziom nawożenia azotem, termin i sposób aplikacji mikroelementów. Wykazano, że wzrastające dawki azotu (od 40 do 200 kg·ha⁻¹) bez lub z dodatkiem mikroelementów wpływały korzystnie na plon ziarna i niektóre cechy wartości wypiekowej (zawartość białka, ilość glutenu). Zwiększenie dawki nawożenia azotu (z 80 do 120 kg N·ha⁻¹) skutkowało zmniejszeniem zawartości popiołu w ziarnie pszenżyta jarego, a zwiększeniem wydajności mąki. W takich warunkach notowano również obniżenie twardości ziarna oraz zmniejszenie zapotrzebowania na energię do jego przemiału (**publikacje IIB. 1, 4, 9, 10, 16, 34, zał. 5**).

Stwierdzono, że mangan aplikowany dolistnie w dawce 0,4 kg Mn·ha⁻¹ powodował zwiększenie zawartości białka w ziarnie pszenżyta jarego w porównaniu z nawożeniem wyłącznie azotem. Wzrost zawartości tego składnika był spowodowany zwiększoną kumulacją białek strukturalnych (albumin i globulin) i zapasowych (prolamin lub glutelin). W ziarnie pszenżyta ozimego dokarmianego dolistnie Zn, Mn, lub wieloskładnikowym nawozem Ekolist zwiększyła się zawartość białek zapasowych glutelin. Oddziaływanie dokarmiania Ekolistem było bardziej efektywne z 80 kg N·ha⁻¹ niż 120 kg N·ha⁻¹, przy czym wzrost nagromadzenia białka w ziarnie pszenżyta jarego łączył się ze zwiększeniem w nim udziału glutelin lub glutelin i prolamin. Dokarmianie pszenżyta ozimego Agrosolem Z dolistnie przyczyniło do istotnego wzrostu plonu białka charakteryzującego się dobrą wartością odżywczą (duży udział bardzo wartościowych pod względem przydatności żywieniowej białek budulcowych i glutelin w stosunku do ogólnej zawartości białka). Zastosowanie 120 kg N·ha⁻¹ z Azofoską wpłynęło korzystnie na zmniejszenie zawartości szkodliwego białka zapasowego frakcji gliadyn - wywołującej alergię (**publikacje IIB. 11, 19, 23, 30, IIC. 4, zał. 5**).

Mikroelementy (Cu, Zn i Mn) stosowane doglebowo razem z azotem mineralnym aplikowanym w dawce 120 kg N·ha⁻¹ powodowały pogorszenie wartości odżywczej białka, a w przypadku ich aplikacji w wyższej dawce (10 kg·ha⁻¹), również wartości technologicznej (zmniejszenie szklistości ziarna i zawartości glutenu). Azot mineralny stosowany z mikroelementami różnicował skład aminokwasowy białka oraz wpływał korzystnie na wzrost

zawartości składników mineralnych (Na i P) w ziarnie pszenżyta ozimego i (P, Mg, Mn, Zn i Fe) w ziarnie pszenżyta jarego. Aminokwasem ograniczającym wartość odżywczą białka ziarna pszenżyta jarego i ozimego była izoleucyna i lizyna. Największy wpływ na potencjalną wartość odżywczą białka ziarna pszenżyta miało nawożenie $120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. W badaniach określono także oddziaływanie zróżnicowanych dawek azotu (80 i $120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) na cechy fizyczne ziarna pszenżyta jarego, które decydują o wartości przemiałowej (gęstość usypowa, masa tysiąca ziaren, szklistość, twardość technologiczna wyrażona wskaźnikiem PSI). Potwierdzono zależność wielkości ziarna pszenżyta na wydajność mąki. Dokonano oceny wpływu różnej techniki nawożenia na efektywność produkcyjną i ekonomiczną pszenżyta (**publikacje IIA. 2, 3, IIB. 7, 8, 10, 17, 18, 24, 25, 28, 31, 35, zał. 5**).

Badania podejmowane w obszarze produkcji zbóż dotyczyły również oceny wpływu stosowania nawozów mineralnych lub organicznych na zawartość przyswajalnych składników mineralnych w glebie (**publikacje IIB. 5, 15 zał. 5**) oraz wpływu stosowania nawozów organicznych i organiczno-mineralnych na plonowanie i cechy jakościowe ziarna jęczmienia jarego i pszenicy ozimej (**publikacje IIB. 6, 12, 13, zał. 5**). Wykazano, pozytywne oddziaływanie wieloletniej ekstensywnej gospodarki nawozowej z wykorzystaniem obornika i nawozów mineralnych aplikowanych razem z mikroelementami (przedsiewnie Cu, Zn i Mn w dawce $5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) na zwiększenie zasobności gleby w składniki pokarmowe, szczególnie w Zn i Cu, a to skutkowało wzrostem zawartości tych pierwiastków w ziarnie pszenicy i jęczmienia. Dodatkowo stwierdzono korzystny wpływ stosowania nawozów organiczno-mineralnych wzbogaconych w Cu i Zn na zawartość białka, jego skład frakcyjny i aminokwasowy, a także na stopień wykorzystania białka w ziarnie jęczmienia.

Inne badania potwierdziły dużą efektywność zastosowania oprysków pestycydowo-nawozowych (**publikacja IIB. 14, zał. 5**), stymulatora wzrostu Nano-Gro (**publikacja IIB. 32, zał. 5**), nawożenia azotem z mikroelementami (Cu, Zn i Mn) lub z nawozami wieloskładnikowymi (Florogama, Ekolist, Agrosol Z i Azofoska) na wydajność i jakość ziarna pszenicy (**publikacja IIB. 23, 36 zał. 5**). Stwierdzono wyjątkowo pozytywne oddziaływanie stymulatora wzrostu Nano-Gro na zawartość białka, glutenu i wartość wskaźnika sedymentacyjnego ziarna pszenicy zwyczajnej i orkiszowej. Użycie tego biostymulatora przyczyniło się także do poprawy wartości odżywczej ziarna, poprzez zwiększenie zawartości P, Ca, Mg, Cu, Mn i Zn w ziarnie orkisz oraz zawartości Mg, Cu i Fe w ziarnie pszenicy ozimej.

Badania dotyczące cech jakościowych ziarna żyta ozimego znalazły odzwierciedlenie w **publikacji IIB. 33, zał. 5**. Wykazano korzystny wpływ nawożenia azotem

z mikroelementami na wielkość plonu ziarna tego gatunku. Dodatkowe dokarmianie żyta Zn i Mn oraz Cu, Zn i Mn aplikowanych łącznie powodowało wzrost zawartości białka oraz Mn w ziarnie.

Kolejne badania dotyczyły określenia wpływu mikroelementów aplikowanych dogłębowo i dolistnie na zawartość związków azotu w nasionach szarłatu (*Amaranthus cruentus* L) (**publikacje IIB. 2, 3, zał. 5**). W powyższym eksperymencie Cu i Zn stosowano przedsięwzięcie w dawkach 5 i 10 kg·ha⁻¹ lub dolistnie w dawkach 0,5 i 1,0 kg·ha⁻¹. Potwierdzono korzystne oddziaływanie aplikowanych mikroelementów na zawartość białka właściwego (albumin i globulin) w nasionach szarłatu oraz jego skład aminokwasowy (lizyny, metioniny, leucyny, waliny i argininy).

W innych badaniach oceniono wpływ nawożenia Cu, Mn, B lub Florogamą B aplikowanych dolistnie na plon i jakość korzeni buraka cukrowego (**publikacja IIB. 21, zał. 5**). Wykazano, że nawożenie azotem w dawce 100 kg·ha⁻¹ z B, B i Cu lub Florogamą B pozwoliło na uzyskanie większego plonu korzeni i liści buraka oraz przyczyniło się do większej koncentracji cukru w korzeniach.

Badania dotyczące rolniczego zagospodarowania mączek mięsno-kostnych znalazły swoje odzwierciedlenie w publikacjach IIA. 1, 4, 5, IIB. 27, IID. 3, zał. 5. Określono wpływ stosowania różnych dawek mączki mięsno-kostnej z dodatkiem lub bez efektywnych mikroorganizmów na strukturę i trwałość agregatów glebowych (**publikacja IIB. 27, zał. 5**) oraz na kształtowanie zawartości mineralnych form azotu w glebie (**publikacja IIA. 5, zał. 5**), a także na zawartość wybranych mikroskładników w ziarnie pszenicy i nasionach rzepaku ozimego (**publikacja IIA. 4, zał. 5**). Dodatkowo oceniono oddziaływanie nawozów organicznych (w tym mączki mięsno-kostnej) na wielkość, cechy geometryczne, kolor nasion oraz zawartość związków fenolowych, karotenoidów i tokoferolu w ziarnie pszenicy (**publikacja IIA. 1, zał. 5**) oraz zawartość tłuszczu i kwasów tłuszczowych w nasionach rzepaku (**publikacja IID. 3, zał. 5**). Wykazano, że zastosowanie mączki mięsno-kostnej w dawce 1,5 t·ha⁻¹ razem z EM-1 skutkowało zmniejszeniem wskaźnika zbrylenia i rozpylenia gleby, a zwiększeniem wskaźnika jej strukturalności. Zawartość mineralnych form azotu w glebie zależała od wielkości dawki mączki mięsno-kostnej oraz gatunku uprawianej rośliny w płodozmianie. Na każde dodatkowe 0,5 t·ha⁻¹ stosowanej mączki mięsno-kostnej powyżej 1,0 t·ha⁻¹ notowano wzrost (średnio o 4 mg) azotu mineralnego w glebie. Mączka mięsno-kostna aplikowana corocznie w dawce 2,0 i 2,5 t·ha⁻¹ powodowała, odpowiednio 2,3 i 2,6 krotny wzrost azotu mineralnego. Uwalniane z mączki mięsno-kostnej podczas mineralizacji związki NO₃⁻-N i NH₄⁺-N były źródłem azotu dla roślin. Potwierdzono silny związek zawartości

NO_3^- -N i NH_4^+ -N w glebie z zawartością azotu w ziarnie pszenicy ozimej i jarej oraz w nasionach rzepaku ozimego. Nawożenie pszenicy ozimej mączką mięsno-kostną w dawce $2,5 \text{ t ha}^{-1}$ wpływało korzystnie na jakość ziarna poprzez zwiększenie zawartości Cu, Fe, Mn i Zn. Stosowanie nawozów organicznych skutkowało zwiększeniem zawartości biologicznie aktywnych polifenoli w ziarnie pszenicy i zawartości tłuszczu w nasionach rzepaku. Wykazano negatywny wpływ stosowania mączki mięsno-kostnej z dodatkiem efektywnych mikroorganizmów na zawartość tokoferolu, karotenoidów i kwasów fenolowych w ziarnie oraz dorodność ziarna.

Inne:

Niezbyt rozległe badania dotyczą wykonania analizy zróżnicowania obszarowego na zawartość niektórych związków w wodach powierzchniowych (**publikacja IIB. 20, 22, 26, IID. 1, 2, zał. 5**). Oceniona zawartość związków azotu w wodach jeziora Narie, Chełmżyńskiego i Jeziorak Mały była niska i mieściła się w I klasie czystości. W wodach przylegających do obszarów użytkowanych rolniczo (jeziro Narie i Chełmżyńskie) notowano większe nagromadzenie fosforu ogółem ze zmianą klasy czystości z I na II.

Tematyka badawcza obejmuje także ocenę stanu zagrożenia przemysłowo-komunikacyjnego miasta Olsztyn poprzez wykonanie analizy zawartości wybranych metali ciężkich w glebie (**publikacji IIC. 1, zał. 5**). Wykazano, że większość przebadanych gruntów należała do kategorii o naturalnej zawartości tych pierwiastków. Spośród 15 badanych prób gleby w dwóch odnotowano jedynie podwyższoną zawartość Zn, a w jednej Cu.

W **publikacji IIC. 2, zał. 5** przedstawiono perspektywę wykorzystanie różnych rodzajów odcieków powstających w procesie produkcji biogazu do nawożenia/nawadniania upraw roślin energetycznych.

W ramach działalności naukowo-badawczej Katedry Podstaw Bezpieczeństwa uczestniczyłam w badaniach dotyczących oceny wpływu technologii chowu na skład chemiczny tkanki pstrąga tęczowego (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum). Uzyskane wyniki (**publikacja IIC. 3, zał. 5**) potwierdziły wysoką jakość zdrowotną i odżywczą „mięsa” pstrąga pochodzącego z chowu polskiego, niezależnie od technologii produkcji (ekstensywnej, intensywnej). W innej publikacji z tego zakresu (**publikacja IIB. 29, zał. 5**) wykazano wpływ terminu, miejsca odłowu (farma) oraz rodzaju paszy na zawartość suchej masy w tkance mięśniowej pstrąga.

Katarzyna Wojtkowiak