



UNIwersytet PRZYRODNICZY WE WROCLAWIU

Autoreferat

w postępowaniu habilitacyjnym w dziedzinie nauk rolniczych
dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo

dr inż. Anna Wondolowska-Grabowska

Wydział Przyrodniczo-Technologiczny
Instytut Agroekologii i Produkcji Roślinnej
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Wrocław, 2023 r.

1.	Imię i nazwisko	4
2.	Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej	4
3.	Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych	4
4.	Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.)	4
4.1.	Monografia naukowa	4
4.2.	Wprowadzenie	5
4.3.	Hipoteza badawcza i cel badań	10
4.4.	Metodyka badań	10
4.5.	Analizy chemiczne materiału roślinnego	11
4.5.1.	Obliczanie wartości energetycznej nasion i wydajności białka i tłuszczu	11
4.5.2.	Analizy chromatograficzne oleju lnianego	12
4.5.3.	Analiza gleby	12
4.5.4.	Analiza statystyczna	13
4.6.	Najważniejsze wyniki badań	13
4.6.1.	Przebieg wegetacji na tle warunków meteorologicznych	13
4.6.2.	Cechy morfologiczne roślin	13
4.6.3.	Cechy kształtujące plon nasion	15
4.6.4.	Energia i zdolność kiełkowania nasion	16
4.6.5.	Zawartość składników organicznych w nasionach oraz wartość energetyczna nasion	18
4.6.6.	Plon nasion, wydajność tłuszczu i białka oraz wartość energetyczna plonu nasion	20
4.6.7.	Skład kwasów tłuszczowych w oleju lnianym	21
4.7.	Dyskusja	28
4.8.	Podsumowanie	32
4.8.1.	Bibliografia	34
5.	Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej	41
5.1.	Instytucje krajowe	41

5.2.	Instytucje zagraniczne	43
6.	Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę	44
6.1.	Zajęcia dydaktyczne	44
6.2.	Promotorstwo i recenzje prac dyplomowych.....	47
6.2.1.	Promotorstwo prac inżynierskich:	47
6.2.2.	Promotorstwo prac magisterskich:	50
6.3.	Recenzje prac dyplomowych	52
6.3.1.	Recenzje prac inżynierskich:	52
6.3.2.	Recenzje prac magisterskich:.....	54
6.4.	Promotor pomocniczy rozpraw doktorskich	56
6.5.	Udział w szkoleniach i kursach, uzyskane certyfikaty.....	56
6.6.	Osiągnięcia organizacyjne.....	58
6.7.	Osiągnięcia popularyzujące naukę.....	59
6.7.1.	Publikacje popularno-naukowe	59
6.7.2.	Warsztaty i szkolenia	61
7.	Inne informacje, niewymienione w pkt. 1-6, ważne z punktu widzenia przebiegu kariery zawodowej.	62
7.1.	Omówienie pozostałych osiągnięć publikacyjnych	63
7.1.1.	Przed uzyskaniem stopnia doktora	63
7.2.	Po uzyskaniu stopnia doktora.....	64
7.3.	Złożone projekty badawcze, które nie otrzymały dofinansowania	79
7.4.	Zestawienie dorobku w zakresie osiągnięć naukowo-badawczych	80

1. Imię i nazwisko

Anna Wondolowska-Grabowska

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

- 1983 r. – technik budowlany, Studium Budowlane w Wałbrzychu;
- 12.04.1996 r. magister inżynier rolnictwa, Akademia Rolnicza we Wrocławiu, tytuł pracy: “Wpływ zróżnicowanej obsady i nawożenia azotem na rozwój i plonowanie oraz zdrowotność roślin szarłat *Amaranthus hypochondriacus* L.” (praca z wyróżnieniem);
- 1999-2000 - Studium Pedagogiczne z Elementami Informatyki (Politechnika Wrocławska);
- 09.01.2001 r. – doktor nauk rolniczych, dyscyplina rolnictwo i ogrodnictwo, Akademia Rolnicza we Wrocławiu, tytuł rozprawy doktorskiej: “Wpływ terminu i sposobu zbioru fasoli zwyczajnej (*Phaseolus vulgaris* L.) na przyrost masy nasion i ich wartość użytkową” (praca z wyróżnieniem - Nagroda Rektora), pod kierunkiem prof. dr hab. Andrzeja Koteckiego.

3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych

- 2001 r. – do obecnie – Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Instytut Agroekologii i Produkcji Roślinnej.

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

Osiągnięciem będącym podstawą do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego w dziedzinie nauk rolniczych, w dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo jest, zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt 2a ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, monografia naukowa: **Wondolowska-Grabowska Anna. Skład kwasów tłuszczowych oraz wartość i jakość plonu nasion jasno- i ciemnonasiennych odmian lnu oleistego (*Linum usitatissimum* L.) pod wpływem nawożenia azotem, borem i siarką.** Monografie – Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, vol. 226, 2020, Wrocław, Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, 128 s., ISBN 978-83-7717-318-3.

Według listy Ministerstwa Edukacji i Nauki (załącznik do komunikatu Ministra Edukacji i Nauki z dnia 22 lipca 2021 r. w sprawie wykazu wydawnictw publikujących recenzowane monografie naukowe) wartość naukometryczna monografii wynosi 80 punktów.

Osiągnięcie naukowe stanowiące podstawę do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego wpisuje się w dziedzinę nauk rolniczych, dyscyplina rolnictwo i ogrodnictwo. Osiągnięcie dotyczy zagadnień związanych z produkcją żywności o pożądanych parametrach. Oczekiwania konsumentów, wynikające ze wzrostu ich świadomości, zorientowane są, między innymi, na odżywcze wartości produktów żywieniowych. Zmusza to producentów rolnych do takiej strategii, której wynikiem jest osiągnięcie wysokich plonów z jednoczesnym uzyskaniem

wysokiej ich jakości. Dlatego też na każdym etapie produkcji rolnej podejmowane są różnego rodzaju zabiegi, które pozwolą na osiągnięcie zamierzonego celu. Podjęte przeze mnie badania są odpowiedzią na zmiany jakości surowców pod wpływem zabiegów nawozowych i wpływu czynnika genetycznego. Takie działanie, wynikające ze zwiększeniem biodywersyfikacji, ściśle wiąże się z rolnictwem zrównoważonym oraz wyraźnie wkomponowuje się w rekomendowaną obecnie przez Unię Europejską integrowaną produkcję roślinną. Jest to istotna strategia w rolnictwie, która ma na celu zwiększenie stabilności i zrównoważenia produkcji rolnej.

4.2. Wprowadzenie

Światowa produkcja oleju lnianego wzrosła z 500 000 ton do prawie 686 000 ton w latach 2008-2014 (FAOSTAT 2018), a w kolejnych latach do 2020 roku o kolejne 96 tys. ton (FAOSTAT 2023). w gronie dziesięciu największych producentów oleju lnianego na świecie znajdują się kraje europejskie, takie jak Belgia (druga pozycja), Luksemburg, Niemcy i Wielka Brytania. w Polsce udział lnu oleistego w strukturze zbiorów roślin oleistych wzrósł o około 0,15 punktu procentowego w 2017 roku w porównaniu z rokiem 2015, natomiast w 2018 w porównaniu do 2021 spadł o 0,23 punktu procentowego [FAOSTAT 2023]. Powierzchnia jego uprawy w 2023 roku wynosiła 3270 hektarów [<https://rejestrupraw.arimr.gov.pl/#>]. Len jest rośliną o wielu zastosowaniach w przemyśle chemicznym, kosmetycznym i spożywcym. Należy zakładać, że produkcja lnu oleistego będzie wzrastała, głównie ze względu na rosnące zapotrzebowanie na oleje roślinne, korzystne warunki klimatyczne w Polsce oraz właściwości zdrowotne nasion lnu [Diepenbrock i in. 1995, Gambuś 2005, Zajac i in. 2010]. Wykorzystanie nasion lnu oleistego w piekarnictwie, zwłaszcza do wypieku chleba, wprowadza do diety pożądane kwasy tłuszczowe, a także białka i minerały. Mąka lniana zawiera fosfor (P), potas (K), wapń (Ca), magnez (Mg), siarkę (S), sód (Na), żelazo (Fe), mangan (Mn) oraz cynk (Zn) [Aziza i in. 2013].

Olej lniany zawiera zarówno kwasy tłuszczowe nasycone (SFA), które ze względów żywieniowych są niepożądane, jak i kwasy tłuszczowe nienasycone (PUFA, MUFA), ważne dla zdrowia, ale podatne na utlenianie. Proces utleniania tłuszczów obniża ich wartość odżywczą, zwłaszcza zawartość niezbędnych kwasów tłuszczowych (NNKT) oraz witamin rozpuszczalnych w tłuszczach. Podatność tłuszczów na utlenianie zależy od ich składu chemicznego. Dlatego ustalenie składu kwasów tłuszczowych, oprócz oceny jakości tłuszczów, może pomóc określić ich potencjalne zastosowanie. Rodzaj tłuszczu ma istotny wpływ nie tylko na cechy fizyczne i sensoryczne produktów, ale także na ich właściwości zdrowotne [Pieńkowska i in. 1999, Bhathena i in. 2003, Zajac 2004a, Gambuś 2005, Żbikowska i Rutkowska 2008, Roche 1999, Lorenc-Kukuła i in. 2005, Wielebski 2009, Ostasz i Kondratowicz-Pietruszka 2011].

Plon lnu i skład kwasów tłuszczowych oleju lnianego zależą od odmiany, zabiegów agrotechnicznych, warunków środowiskowych oraz ich interakcji. Nawożenie ma istotny wpływ na jakość żywności [Matras i in. 2013]. Nawożenie azotem w dużej mierze determinuje wielkość plonu i modyfikuje jego jakość. Intensywne nawożenie azotem zwiększa zawartość białka przy jednoczesnym obniżeniu zawartości tłuszczu [Grant i in. 1999, Izsaki 1998, Aufhammer i in. 2000, Zajac i in. 2001, Kadar i in. 2004, Zajac 2004b, Wielebski 2011].

Siarka jest niezbędnym składnikiem nawożenia lnu oleistego. w Polsce emisja siarki, ze względu na przepisy ochrony środowiska, spadła z 70 kg·ha⁻¹ do 33 kg·ha⁻¹ od lat osiemdziesiątych

do 1998 roku. Całkowita emisja SO₂ w 2015 roku wyniosła około 690 260 Mg, co stanowiło połowę poziomu z 2000 roku i nadal maleje. w chwili obecnej wynosi 162 700 Mg (GUS 2020). Około 57% gleb w kraju jest ubogich w siarkę. Niedobór siarki szczególnie uwidacznia się na obszarach o lekkich glebach, intensywnej produkcji rolniczej i tam, gdzie uprawiane są rzepak i kapusta. Analizy chemiczne wykazują niską zawartość siarki w roślinach, co wskazuje na objawy niedoboru, które pojawiają się tylko przy dużym braku tego pierwiastka. Dlatego nawożenie siarką często jest bardzo skuteczne, zwłaszcza dla roślin z rodziny *Brassicaceae*. Włączenie siarki do nawożenia staje się więc koniecznością [Kozłowska-Strawska i Kaczor 2003, Wielebski i Skwierawska 2011, 2012].

Bor jest jednym z najważniejszych mikroelementów w nawożeniu upraw lnu oleistego. w Polsce wiele gleb jest ubogich w ten pierwiastek, co wynika z jego wysokiej podatności na wypłukiwanie. w niektórych obszarach odsetek gleb ubogich w bor sięga ponad 90%, zwłaszcza w okolicach Wrocławia. Nawet na glebach o średniej zawartości boru rośliny mogą cierpieć na jego niedobór, zwłaszcza w okresach suszy, w glebach kwaśnych lub po wapnowaniu. Niedobór boru występuje w 50-70% roślin uprawnych w Polsce. Niedostatek boru jest szczególnie problematyczny przy pH gleby poniżej 5,5 lub powyżej 7,4 [Czuba 1986, Czuba i Mazur 1988, Blevins i Lukaszewski 1998, Czuba i in. 1999, Wielebski 2009].

Nasiona lnu oleistego zawierają średnio 34-41% tłuszczu, 20-23% białka, 22% bezazotowych związków wyciągowych, 9% błonnika, 3-3,4% popiołu i 7-8% wody [Ganorkar i Jain 2013]. Olej lniany jest coraz bardziej ceniony ze względu na swoje korzystne właściwości zdrowotne i zastosowanie w przemyśle spożywczym [Borowiec i in. 2001, Gambuś 2005, Kasote 2013, Manukumar i in. 2014]. Ponadto, olej lniany jest używany w produkcji farb i lakierów dzięki swojej zawartości kwasu linolenowego, który sprawia, że olej ten jest szybkoschnący [Wiślicki i in. 1995].

Len można uprawiać na terenach skażonych lub gruntach rekultywowanych [Klimont i in. 2014], ale należy monitorować zawartość metali ciężkich, zwłaszcza ołowiu, które może być niebezpieczne. Technologia uprawy, zwłaszcza ekologiczna, może wpływać na zawartość metali ciężkich w oleju lnianym [Heller i in. 2010]. Siemię lniane jest bogate w lignany, które mają korzystny wpływ na poziom cholesterolu i wykazują działanie antyoksydacyjne. Dodatek nasion lnu do diety zwierząt może zwiększać zawartość kwasów tłuszczowych wielonienasyconych, co ma pozytywny wpływ na jakość mięsa [Barteczko i in. 2001, Barowicz i in. 1997, Siminska i in. 2011]. Nasiona lnu oleistego mogą być wykorzystywane w przemyśle piekarniczym, zwiększając zawartość białka i tłuszczu w produkcie końcowym oraz dostarczając cennych mikroelementów [Gambuś i in. 2004]. Próbuje się również wprowadzać nasiona lnu do produkcji makaronu, co może wpłynąć na wartość dietetyczną tego produktu [Villeneuve i in. 2013].

Nasiona lnu są cenionym surowcem leczniczym od wieków, z którego wytwarza się cenny olej bogaty w wielonienasycone kwasy tłuszczowe [Roche 1999, Lorenc-Kukuła i in. 2005, Wróbel-Kwiatkowska i in. 2004]. Jakość tego oleju zależy od wilgotności nasion, która powinna wynosić 7,5-9% [Mińkowski i in. 2014]. w oleju lnianym znajdują się różne rodzaje kwasów tłuszczowych, w tym nienasycone kwasu omega-3, omega-6 i omega-9, które mają istotne znaczenie zdrowotne [Jhala i Hall 2010]. Należy do nich kwas linolowy (LA) omega-6, który wpływa korzystnie na zdrowie, zwłaszcza jeśli chodzi o poziom cholesterolu i profil lipidowy [Chin i in. 1992, Stanley 2001]. Innym ważnym kwasem jest arachidonowy (AA), który jest niezbędny dla rozwoju mózgu, zwłaszcza u dzieci oraz innych funkcji organizmu, [Kritchewsky 2000, Lawson i Moss 2001].

Kwas dokozaheksaenowy (DHA) jest istotny dla struktury komórek nerwowych i ma wpływ na funkcje poznawcze [Logan 2004]. Odmiany lnu mogą różnić się zawartością kwasu linolenowego, co może być istotne dla celów spożywczych [Dribnenki i Green 1995, Grant i in. 1999].

Olej lniany zawiera również nasycone kwasy tłuszczowe, które mogą zwiększać poziom cholesterolu i ryzyko chorób serca [Engler i Engler 2006]. Nasycone kwasy takie jak laurynowy, mirystynowy i palmitynowy mają niekorzystny wpływ na poziom LDL cholesterolu [Ziemiński 1991, Murawa i in. 1997, Jimenez-Colmenero i in. 2001]. Jednonienasycone kwasy tłuszczowe, zwane MUFA, takie jak kwas oleinowy (C18:1), mogą pomóc w ochronie przed miażdżycą i obniżać poziom ogólnego cholesterolu oraz LDL, bez wpływu na HDL i trójglicerydy [Kris-Etherton 1999]. Wielonienasycone kwasy tłuszczowe, w tym kwas linolowy (n-6), mogą również mieć korzystny wpływ na zdrowie serca, obniżając poziom cholesterolu LDL [Simopoulos 1999, Mantzioris i in. 2000]. Jednak nadmierne spożycie tych kwasów może prowadzić do ich oksydacji w LDL, co zwiększa ryzyko miażdżycy. Dlatego ważne jest, aby równocześnie spożywać składniki bogate w przeciwutleniacze [Simopoulos 1999]. Kwasy tłuszczowe z rodziny n-3 i n-6, zwane WNKT, odgrywają kluczową rolę w profilaktyce chorób serca i miażdżycy. Kwas linolowy (n-6) może obniżać poziom cholesterolu LDL we krwi, a kwasy z rodziny n-3, takie jak kwas eikozapentaenowy (EPA) i kwas dokozaheksaenowy (DHA), mają wiele korzystnych efektów, w tym zmniejszają ryzyko chorób serca, hamowanie procesów zapalnych i przeciwdziałają zakrzepom [Simopoulos 1999, Mantzioris i in. 2000]. Kwasy omega-3, szczególnie kwas α -linolenowy (ALA), są istotne dla prawidłowego rozwoju układu nerwowego u dzieci i mogą pomóc w leczeniu niektórych zaburzeń psychicznych, takich jak ADHD. Kwas DHA jest ważnym składnikiem mózgu, a jego niedobór może prowadzić do różnych problemów neurologicznych [Logan 2004]. Warto zauważyć, że nadmiar kwasów n-3 i n-6 może prowadzić do antagonistycznego oddziaływania między nimi. Dlatego istotne jest zachowanie odpowiedniego stosunku między nimi, który wynosi około 4-5:1 [Jelińska i in. 2003, Jelińska 2005]. Podsumowując, kwasy tłuszczowe, zwłaszcza z rodziny n-3 i n-6, odgrywają kluczową rolę w profilaktyce chorób serca i miażdżycy oraz w prawidłowym rozwoju układu nerwowego. Ważne jest zachowanie odpowiedniej równowagi między nimi i spożywanie ich w odpowiednich ilościach.

Nasiona lnu to bogate źródło błonnika, głównie w formie rozpuszczalnej, takiej jak gumy, które korzystnie wpływają na zdrowie, obniżając poziom cholesterolu i cukru we krwi. Dodatkowo, nasiona zawierają śluz, które działają osłaniająco, przeciwbólowo i łagodnie przeczyszczają. Lnu jest również obfitym źródłem lignanów, czyli fitoestrogenów o właściwościach przeciwnowotworowych i silnych właściwościach przeciwutleniających [Kasote 2013]. Olej lniany jest bogatym źródłem witamin rozpuszczalnych w tłuszczach, głównie witaminy E (0,02-0,03%), zawiera niską ilość nasyconych kwasów tłuszczowych (9,8-10%), barwniki organiczne (takie jak ksantofil, chlorofil, erytrofil), fruktooligosacharydy, lignany oraz śluz w niewielkich ilościach [Gomez-Alonso i in. 2003]. Nasiona lnu zawierają również lecytynę, korzystną dla komórek nerwowych, oraz glukozyd linamaryna, który zmniejsza wartość pastewną i leczniczą nasion lnu [Walkowiak 2007].

Olej lniany znajduje zastosowanie jako wsparcie w leczeniu wielu schorzeń, takich jak miażdżycy, zapalenie gardła, choroba wrzodowa żołądka i dwunastnicy, przewlekłe stany zapalne jelit, chroniczne zaparcia, reumatyzm, artretyzm i choroba wieńcowa (również w profilaktyce) [Heller i in. 2010, Amin i Thakur 2014]. Nienasycone kwasy tłuszczowe obecne w oleju lnianym

działają jako prekursorzy do syntezy prostacyklin, wpływając na rozszerzenie naczyń wieńcowych i zwiększając siłę skurczu mięśnia sercowego. Ponadto, fitohormony w oleju lnianym, takie jak lignany, pomagają eliminować nadmierną ilość wolnych rodników, co może korzystnie wpływać na leczenie chorób alergicznych i autoimmunologicznych oraz profilaktykę chorób nowotworowych [Kolanowski i Świdorski 1997, Ostasz i Kondratowicz-Pietruszka 2011]. Olej lniany wykazuje także działanie przeciwzapalne i łagodzące, przyspiesza regenerację skóry po stanach zapalnych i oparzeniach, oraz wspomaga hamowanie wzrostu bakterii. Jest powszechnie używany do leczenia różnych problemów skórnych, takich jak trądzik, łojotok, zmiany zaskórnikowe, egzema i zmiany łuszczykowe [Łukaszewicz i in. 2004]. Olej lniany może również pomóc w uzupełnieniu niedoboru kwasów omega-3 w diecie, jednak jego podatność na utlenianie ogranicza jego wartość żywieniową i zdrowotną.

Nasiona lnu zawierają związki o właściwościach przeciwutleniających, takie jak tokoferole, karotenoidy i kwasy fenolowe [Kasote 2013]. Jednak, procesy oczyszczania oleju mogą zmniejszyć zawartość tych związków.

Badania nad wpływem oleju lnianego na zdrowie człowieka sugerują korzystny wpływ na układ krążenia i przeciwnowotworowe działanie dzięki obecności przeciwutleniaczy. Stosowane metody hodowli lnu zmierzają do uzyskania nowych odmian o optymalnych właściwościach ilościowych i jakościowych, co ma wpływ na wielkość plonu nasion. Jednak istnieje również rosnące zainteresowanie zmniejszeniem zawartości kwasu linolenowego w nasionach lnu [Bocianowski i Praczyk 2013a, Zajac i Kulig 2001, Zajac i in. 2001].

W Polsce prowadzi się badania mające na celu porównanie produktywności odmian lnu jasnonasiennego i brązownasiennego. Ocena ta dotyczy wielkości plonu, zawartości oleju oraz składu i udziału kwasów tłuszczowych. Według badań Gambuś i in. [2003]. Badania wskazują, że lnu o jasnych nasionach wykazuje korzystniejszy skład chemiczny nasion w porównaniu do odmian brązownasiennej. Odmiany jasnonasienne gromadzą więcej tłuszczu w nasionach (42,15%), w porównaniu do odmian brązownasiennej (41,47%), jednak odmiany brązownasienne uzyskują wyższe plony nasion o około 113 kg na 1 hektar [Piotrowska i Furowicz 1998, Saeidi i Rowland 1999, Zajac i in. 2001].

Plon nasion lnu jest bardzo zmienny w latach i w dużej mierze zależy od przebiegu warunków meteorologicznych i czynników środowiska. Wahania w wielkości uzyskiwanych plonów wynikają z nierównomiernego rozkładu opadów i temperatury, a niedobór wilgoci przed siewem i deszczowa, chłodna pogoda podczas wegetacji wpływają negatywnie na jego wysokość. Wysokie temperatury mogą sprzyjać występowaniu fuzaryjnego wędnięcia roślin lnu [Antoniewicz i Zajac 2005]. Plon tej rośliny może się różnić znacznie w zależności od roku, sięgając od 0,31 do ponad 3 Mg·ha⁻¹. Różnica między minimalnym a maksymalnym plonem w jednym roku badań może wynosić nawet 1,95 Mg·ha⁻¹ [Diepenbrock i in. 1995, Zubal 2001, D'Antuono i Rossini 2006, Klimont i in. 2014]. Badania Bocianowskiego i Praczyka [2013b] wykazały, że plon lnu oleistego jest zmienny, przy różnicy w plonie sięgającej dwukrotności między badanymi latami, uzyskując średnią wartość 646 kg·ha⁻¹ w jednym roku i 120 kg·ha⁻¹ w kolejnym.

Skład kwasów tłuszczowych w nasionach lnianki wykazuje znaczne różnice, niezależnie od badanych czynników. Warunki środowiskowe mogą znacząco wpływać na modyfikację składu kwasów tłuszczowych. Nawożenie, na przykład, jest istotnym czynnikiem, przy czym nawożenie potasem i fosforem jest kluczowe, a azotowym jest mniej istotne [Andruszewska i in. 2001,

Tsyganov i in. 2000, Tsyganov i Kukresh 2002]. Nawożenie mikroelementami, takimi jak siarka i bor, a także azot, może wpływać na zawartość składników odżywczych w nasionach, włączając w to białka, węglowodany, tłuszcze, enzymy, witaminy i inne substancje [Czuba i Mazur 1988, Czuba i in. 1999].

Nawożenie azotem jest niezbędne w uprawie lnu oleistego, ale nadmiar azotu może prowadzić do nadmiernego wzrostu tkanek miękiszowych, wylegania roślin, wydłużenia okresu wegetacyjnego i obniżenia zawartości tłuszczu w nasionach. w badaniach [Zajac i Kulig 2001], zwiększanie dawki azotu w nawozie NPK nie skutkowało wzrostem plonu nasion, ale za to zmieniło skład kwasów tłuszczowych. Wprowadzenie mikroelementów do nawożenia może poprawić opłacalność uprawy lnu, a nawożenie fosforem i potasem może wpłynąć na wydolność nasion oraz zawartość tłuszczu [Zajac 2005].

Siarka wpływa na skład i jakość białek, cukrów i tłuszczów, jednocześnie ograniczając nadmierną akumulację azotanów w roślinach. w sposób niezaprzeczalny może ona zwiększać plony, wpływając pośrednio na metabolizm azotu w roślinach. Siarka jest obecna w aminokwasach, takich jak metionina, cysteina i cystyna, które są niezbędne do syntezy białek, bierze udział w procesach budowy komórek. Jest kluczowym składnikiem procesu fotosyntezy, uczestniczy w syntezie chlorofilu i ligniny. Niedobór siarki prowadzi do zahamowania wzrostu, sprawia, że rośliny stają się kruche i sztywne, a liście tracą swoją barwę. w warunkach odpowiedniego dostarczania siarki, stosunek azotu do siarki maleje, co zwiększa zawartość białka, zmniejsza ilość azotu niebiałkowego i azotanowego, a także podnosi zawartość tłuszczu w nasionach, przekładając się na większe plony. Siarka również wpływa na efektywność nawożenia azotowego roślin lnu (Kozłowska-Strawska i Kaczor, 2003).

Bor jest jednym z kluczowych mikroelementów dla roślin. Jego słaba mobilność w roślinach sprawia, że niedobór boru w glebie skutkuje niską zawartością tego pierwiastka, zwłaszcza w młodych częściach rośliny (Szukalski, 1979). Pomimo braku udziału w enzymatycznych procesach i aktywacji enzymów, bor odgrywa istotną rolę w kształtowaniu struktury ścian komórkowych, wpływa na proces kiełkowania pyłku i wzrost łagiewki pyłkowej oraz ma wpływ na biosyntezę giberelin, metabolizm węglowodanów i równowagę hormonalną. Działa pozytywnie na kiełkowanie nasion, wzrost i zdrowotność roślin, co w efekcie przekłada się na redukcję kosztów ochrony roślin. Niedobór boru prowadzi do zaburzeń w rozwoju organów generatywnych (brak wykształcenia się słupeków i pręcików, osłabienie pyłku lub jego brak oraz inne defekty), a także znacznie hamuje ogólny rozwój roślin. Brak boru wpływa na akumulację substancji toksycznych w komórkach roślin, uszkadza strukturę chloroplastów, zakłóca procesy fotosyntezy i dojrzewania nasion oraz wpływa na spadek zawartości galaktolipidów i ligniny. Zapotrzebowanie na bor wzrasta u roślin w warunkach podwyższonej temperatury i długiego dnia (Szkolnik, 1980). Dodatkowo, dostarczanie boru zwiększa zawartość chlorofilu w liściach lnu, co wskazuje na jego istotną rolę w procesie fotosyntezy. Wzmoczone nawożenie boru zmniejsza toksyczne działanie glinu (Al) na system korzeniowy roślin lnu i zmniejsza jego akumulację w korzeniach (Heidarabadi i in., 2011). Bor przyczynia się także do zwiększenia plonu (o 11,3%, Szkolnik, 1980) i poprawia jakość plonu, a w połączeniu z azotem wpływa na zawartość tłuszczu i białka w nasionach. Ogólnie uważa się, że stosowanie tych dwóch składników nawozu ma pozytywny wpływ na zawartość oleju i skład kwasów tłuszczowych w nasionach lnu (Czuba, 1986; Blevins i Lukaszewski, 1998).

Zgodnie z badaniami Pióreckiej i in. (2007), modyfikowanie i kontrolowanie proporcji nasyconych, jednonienasyconych i wielonienasyconych kwasów tłuszczowych w codziennej diecie odgrywa ważną rolę w zapobieganiu chorobom układu krążenia (CHUK). Skoncentrowanie się nie tylko na obniżaniu ogólnego spożycia tłuszczu, ale także na jakości tłuszczów i ich udziale w diecie może mieć większe znaczenie, ponieważ wpływa na poziom cholesterolu we krwi.

Przedstawione opracowanie jest wynikiem badań polowych i laboratoryjnych przeprowadzonych w latach 2009-2011, w ramach grantu N N310 090836 pt. "Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem, borem i siarką na plon nasion i profil kwasów tłuszczowych jasno i ciemno nasiennych odmian lnu oleistego".

4.3. Hipoteza badawcza i cel badań

W hipotezie badawczej założyłam, że zastosowanie różnorodnych poziomów nawożenia azotem z jednoczesnym nawożeniem borem i siarką, w przypadku odmian lnu o różnym zabarwieniu nasion, przyniesie korzystne efekty zarówno pod względem plonu, jak i jakości nasion. Założyłam, że przy odpowiednio zbilansowanym nawożeniu azotem osiągnę wyższą zawartość białka i oleju w nasionach, ale tylko do pewnego poziomu nawożenia azotem. Uważałam dodatkowo, że kompleksowe nawożenie mikro- i makroskładnikami, szczególnie przy wysokim dostarczeniu azotu, będzie miało korzystny wpływ na efektywność wykorzystania azotu z gleby oraz syntezę białkowych związków azotowych.

Brałam pod uwagę, iż siarka, poprawia efektywność i skuteczność nawozów azotowych, a stosowanie boru i azotu, w kombinowanym nawożeniu tymi składnikami, wpłynie na zawartość oleju i skład kwasów tłuszczowych w nasionach lnu.

Przewidywałam, że zwiększone dawki azotu spowoduje wzrost zawartości kwasu linolenowego i linolowego w oleju lnianym, przy korzystnej proporcji między nimi. Dodatkowo, oczekiwałam poprawy stosunku kwasów tłuszczowych nienasyconych do nasyconych na korzyść tych pierwszych.

Celem podjętych badań było ustalenie wpływu zróżnicowanego nawożenia azotem, borem i siarką na zawartość tłuszczu, białka oraz proporcje kwasów tłuszczowych w nasionach dwóch odmian lnu oleistego (jasnonasienna i ciemnonasienna). Dodatkowo, chciałam określić, która z porównywanych odmian charakteryzuje się najbardziej korzystnym składem niezbędnych kwasów tłuszczowych z perspektywy zdrowotnej i która gromadzi najwięcej składników odżywczych.

4.4. Metodyka badań

W latach 2009-2011 przeprowadzono 3-letnie ściśle doświadczenia polowe, w układzie split-plot na dwa czynniki zmienne, w czterech powtórzeniach, na polach doświadczalno-produkcyjnych Katedry Szczegółowej Uprawy Roślin (KSUR) w Pawłowicach (długość geograficzna wschodnia 17°12', szerokość geograficzna północna 51°31', wysokość 147 m n.p.m.).

Czynnikami badawczymi były:

- a) odmiana lnu oleistego: Oliwin (jasnonasienna) i Opal (ciemnonasienna).
- b) zróżnicowane nawożenie azotem, siarką i borem, w następujących wariantach:

$N_0+S_1+B_1$,	$N_1+S_1+B_1$,	$N_2+S_1+B_1$,	$N_3+S_1+B_1$,
$N_0+S_2+B_2$,	$N_1+S_2+B_2$,	$N_2+S_2+B_2$,	$N_3+S_2+B_2$,
$N_0+S_3+B_3$,	$N_1+S_3+B_3$,	$N_2+S_3+B_3$,	$N_3+S_3+B_3$,

gdzie $N_0 - 0$, $N_1 - 20$, $N_2 - 40$, $N_3 - 60$ $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\text{N}$; S_1-30 , S_2-50 , S_3-70 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\text{S}$; B_1-5 , B_2-10 i B_3-15 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\text{B}$.

W nawożeniu przewidzianym lnu oleistego zastosowano 40 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\text{P}_2\text{O}_5$ (w formie 46% superfosfatu potrójnego), 70 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\text{K}_2\text{O}$ (w formie 60% soli potasowej) i 20 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\text{N}$ (w formie mocznika). Nawożenie pogłówne azotem (w formie saletry amonowej, 34,4% N) wykonano w fazie jodełki, zgodnie ze schematem doświadczenia. Nawożenie siarką, (w formie Super S-450) i borem (w formie Solubor DF) wykonano dwukrotnie: w fazie jodełki i pąkowania.

Po wschodach i przed zbiorem określono zagęszczenie roślin na 1m^2 . Bezpośrednio przed zbiorem na 20 roślinach, zebranych z każdego poletka określono cechy biometryczne: wysokość roślin, długość techniczną, liczbę rozgałęzień i średnicę łodyg, składniki struktury plonu nasion: liczbę torebek na roślinie, liczbę nasion w torebce, masę 1000 nasion, a ponadto masę nasion, plew i słomy odziarnionej z jednej rośliny. Długość techniczną łodygi mierzono od nasady liścieni (górnej krawędzi szyjki korzeniowej) do nasady najniższego rozgałęzienia, natomiast średnicę łodyg mierzono w połowie długości technicznej łodygi.

Powierzchnia poletek do zbioru wynosiła 15,0 m^2 . Uzyskany plon nasion z poletka przeliczono na 1 ha, natomiast plon biologiczny obliczono mnożąc masę nasion z 1 rośliny (jako wynik średniej z 20 roślin) przez liczbę roślin z 1 m^2 i przeliczono na 1 hektar. Wielkość plonów podano przy 13% wilgotności.

Parametry wartości siewnej nasion, masę 1000 nasion, określono na podstawie próby zbiorczej 4x100 szt. powietrznie suchych nasion według PN-R-65950 z 1994 roku.

Analiza botaniczno-rolnicza cech użytkowych nasion lnu obejmowała oznaczenie energii i zdolności kiełkowania. Parametry wartości siewnej nasion - laboratoryjną energię i zdolność kiełkowania - określono jako średnią z czterech powtórzeń po 100 nasion, wysianych w szalkach Petriego na podkładzie z bibuły filtracyjnej, w temperaturze 20°C.

4.5. Analizy chemiczne materiału roślinnego

W każdym roku badań, na próbach zbiorczych pobranych z powtórzeń, wykonałam analizy chemiczne obejmujące określenie suchej masy oraz zawartości w nasionach podstawowych składników (azot ogólny, białko ogółem, tłuszcz surowy, włókno surowe, popiół, bezazotowe substancje wyciągowe) oraz makroelementów (fosfor, potaz magnez, wapń).

4.5.1. Obliczanie wartości energetycznej nasion i wydajności białka i tłuszczu

Wartość energetyczną 1 kg nasion (W_e) obliczyłam według następującego równania:

$$W_e = ((A+B+C+D) \times \text{współczynnik wartościowości paszy [\%]} \times 0,6) \times 100 \times 9,92 \text{ MJ,}$$

gdzie:

A = białko ogółem [%] x współczynnik strawności białka [%] x równoważnik skrobiowy dla białka [%],

B = tłuszcz surowy [%] x współczynnik strawności tłuszczu [%] x równoważnik skrobiowy dla tłuszczu [%],

C = BAW [%] x współczynnik strawności BAW [%] x równoważnik skrobiowy dla BAW [%],

D = tłuszcz surowy [%] x współczynnik strawności tłuszczu [%] x równoważnik skrobiowy dla tłuszczu [%].

Obliczyłam wydajność białka, tłuszczu oraz wartość energetyczną z jednostki powierzchni mnożąc wartość zebranego plonu nasion z 1 ha przez zawartość białka i tłuszczu w nasionach oraz wartość energetyczną 1 kg nasion lnu.

4.5.2. Analizy chromatograficzne oleju lnianego

Profil kwasów tłuszczowych oznaczyłam metodą chromatografii gazowej z detekcją płomieniowo-jonizacyjną FID, stosując kolumnę ZB-WAX (30 m × 0,25 mm i.d., 0,25 μm grubość filmu) i hel jako gaz nośny, przepływający z prędkością 20 m·s⁻¹, temperatura komory nastrzykowej – 250°C, temperatura detektora – 270°C, program temperaturowy pracy kolumny – 80°C przez 1 min, przyrost temperatury do 140°C z szybkością 45°C·min⁻¹ utrzymywany przez 4 minuty, przyrost temperatury do 220°C z szybkością 45°C·min⁻¹ utrzymywany przez 7.5 minuty, przyrost temperatury do 250°C z szybkością 45°C·min⁻¹ utrzymywany przez 8.5 minuty. Całkowity czas analizy – 25 min.

Interpretację jakościową chromatogramów przeprowadziłam porównując czasy retencji estrów metylowych kwasów tłuszczowych badanej próbki z czasami retencji wzorców estrów metylowych kwasów tłuszczowych Supelco Component FAME Mix C8-C24.

4.5.3. Analiza gleby

Zasobność gleby w składniki mineralne oraz odczyn gleby oznaczono w Katedrze Żywnienia Roślin Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu i poddano badaniu przed założeniem doświadczenia.

Odczyn gleby w 1nKCl był w latach badań lekko kwaśny. Gleba charakteryzowała się zawartością magnezu od wysokiej do bardzo wysokiej oraz od średniej do bardzo wysokiej zawartością fosforu i potasu.

4.5.4. Analiza statystyczna

Uzyskane wyniki poddałam analizie statystycznej za pomocą programu Statistica 13.1 PL (StatSoft Polska) według modelu zgodnego z układem doświadczeń wykorzystując do oceny istotności różnic test Fishera (NIR) oraz liniowy współczynnik korelacji Pearsona, a także regresję wieloraką krokową i wsteczną.

4.6. Najważniejsze wyniki badań

4.6.1. Przebieg wegetacji na tle warunków meteorologicznych

Długość okresu od siewu do wschodów, dla lnu oleistego, nie zależy od właściwości odmian, ale jest wynikiem przebiegu warunków meteorologicznych, mogących opóźnić, jak i przyspieszać wzrost i rozwój. w 2009 roku, korzystne uwilgotnienie gleby na przedwiośniu i wysoka temperatura powietrza w kwietniu spowodowały, że odnotowano najkrótszy w trzyleciu, 9 i 7 dniowy, okres od siewów do wschodów dla roślin odmiany Oliwin i Opal. Niska suma opadów w miesiącu kwietniu przyczyniła się do opóźnienia wschodów, które pojawiły się najpóźniej, w trzyletnim doświadczeniu, średnio dla odmian, po około 16 dniach od siewu. w okresach krytycznego zapotrzebowania na wodę – maj, czerwiec - przypadające na fazę kwitnienia i zawiązywania torebek, suma opadów wynosiła w roku 2009 – 209,3 mm w 2010 – 145,1 mm, natomiast w 2011 157,3 mm i nie zaspakajała w pełni potrzeb wodnych roślin. Wysoka suma opadów, przypadająca na czerwiec i lipiec w 2009 roku, wydłużyła okres kwitnienia i dojrzewania roślin. Warunki pogodowe w 2011 roku wywarły korzystny wpływ na rozwój generatywny roślin. Odnotowano najkrótszy, 78 dniowy okres od siewu do początku dojrzałości żółtej, osiągając dojrzałość pełną nasion po upływie 112-114 dni.

Ostatecznie należy zauważyć, że przebieg wzrostu i rozwoju lnu oleistego zależał od zmiennych warunków pogodowych w latach. w warunkach Niżu Dolnośląskiego, na kompleksie pszenym dobrym w stanowisku po pszenicy ozimej, najwyższy plon ziarna lnu oleistego stwierdzono w ciepłym i dość wilgotnym 2009 roku z najwyższą sumą opadów (431mm) i sumą średnich dobowych temperatur (2483 °C) w okresie wegetacji roślin.

4.6.2. Cechy morfologiczne roślin

Średnica łodyg i liczba rozgałęzień zależały od warunków środowiskowych (tab. 1). w 2010 roku rośliny były najwyższe w porównaniu do lat 2009 i 2011. w tym samym roku odnotowano najwyższą wartość długości technicznej i średnicy łodyg. Rośliny odmiany Opal były wyższe o 0,7 cm w porównaniu do średniej wysokości roślin z doświadczeń wynoszącej 55,5 cm. Wysokość roślin odmiany Oliwin wynosiła 54,9 cm. Odmiana Oliwin miała grubsze łodygi, więcej rozgałęzień, natomiast mniejszą długość techniczną w porównaniu do odmiany Opal. Nawożenie $N_3+S_3+B_3$ sprzyjało przyrostowi łodyg na grubość, a dawka $N_1+S_2+B_2$ pozwalała na

uzyskanie najsmuklejszych roślin. 2010 rok, z najwyższą sumą opadów w okresie wegetacji, pozwolił obu odmianom uzyskać rośliny najwyższe, o największej długości technicznej łodyg. Oliwin uzyskała najgrubsze łodygi z najliczniejszymi rozgałęzieniami w 2011 roku.

Zdolność uzyskiwania wyższego plonu biologicznego słomy odziarnionej i nieodziarnionej posiadała odmiana Opal o ciemnym zabarwieniu nasion. Wyższe wartości elementów struktury plonu, wyższą liczbę rozgałęzień, liczbę torebek na roślinie i nasion w torebce osiągnęła odmiana Oliwin o jasnym zabarwieniu nasion. Ciemnonasienna odmiana Opal charakteryzowała się wyższą wydajnością białka i wartości energetycznej plonu nasion z jednostki powierzchni.

Tabela 1
Table 1

Cechy morfologiczne roślin lnu oleistego (*Linum usitatissimum* L.) przed zbiorem (średnie dla czynników) *Morphological properties of linseed (Linum usitatissimum L.) plants before harvest (mean values for factors)*

Wyszczególnienie <i>Specification</i>	Wysokość rośliny [cm] <i>Plant height [cm]</i>	Długość techniczna [cm] <i>Technological length of straw [cm]</i>	Liczba rozgałęzień [szt.] <i>Number of branches [units]</i>	Średnica łodygi [mm] <i>Stem diameter [mm]</i>
Lata / <i>Years</i>				
2009	60,1b	38,0b	6,25a	1,71b
2010	61,4a	47,0a	5,83b	1,85a
2011	45,0c	36,0c	5,95ab	1,67b
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	***	***	*	***
Odmiana / <i>Cultivar</i>				
Oliwin	54,9b	39,9b	6,19a	1,85a
Opal	56,2a	40,7a	5,83b	1,64b
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	**	*	**	***
Nawożenie <i>Fertilization</i>				
N ₀ +S ₁ +B ₁	55,3	40,3	5,84	1,66ef
N ₀ +S ₂ +B ₂	54,3	40,0	6,03	1,67def
N ₀ +S ₃ +B ₃	55,7	40,2	5,65	1,66def
N ₁ +S ₁ +B ₁	54,7	40,2	5,84	1,81abc
N ₁ +S ₂ +B ₂	54,7	39,5	5,98	1,65f
N ₁ +S ₃ +B ₃	55,7	40,7	5,84	1,70cdef
N ₂ +S ₁ +B ₁	54,4	39,7	6,05	1,71bcdef
N ₂ +S ₂ +B ₂	57,1	40,6	6,02	1,83abc
N ₂ +S ₃ +B ₃	56,5	41,0	6,29	1,78abcde
N ₃ +S ₁ +B ₁	55,4	40,2	5,99	1,79abcd
N ₃ +S ₂ +B ₂	56,0	40,7	6,00	1,83ab
N ₃ +S ₃ +B ₃	56,6	40,9	6,59	1,84a
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	r.n.	**

Średnie wartości parametrów w kolumnach oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie
Means in the same column and parameter followed by the same letter do not differ significantly

NIR_{0,05} – LSD_{0,05}, r.n. – różnica nieistotna; NS, nonsignificant

** Różnica istotna na poziomie 0,01; Significant at the 0,01 level of probability

4.6.3. Cechy kształtujące plon nasion

Istotny wpływ na liczbę torebek z 1 rośliny, liczbę nasion w torebce i masę 1000 nasion miał przebieg warunków pogodowych oraz odmiana (tab. 2). Najwięcej torebek rośliny zawiązywały w ciepłym 2009 roku (12,5 szt.), a najmniejsza liczba nasion w torebce wystąpiła w wilgotnym 2010 roku. Nawożenie w wariancie N₂+S₂+B₂ wpływało korzystnie na liczbę torebek na roślinie i wykazano, że odmiana Oliwin w 2011 roku zawiązała najwięcej torebek na roślinie (15,1 szt.)

W trzyletnim doświadczeniu brązowonasienna odmiana Opal uzyskała masę 1000 nasion około 7,32g, a jasnonasienna odmiana Oliwin, o 0,71 g (tj. 9,7%), niższą wartość. Odmiana Opal, w ciepłym 2009 roku, uzyskała najwyższą wartość masy 1000 nasion (8,08 g), a nawożenie N₀+S₁+B₁, N₁+S₃+B₃ oraz N₂+S₂+B₂ korzystnie wpłynęło na wartość tej cechy u tej odmiany.

Tabela 2
Table 2

Elementy kształtujące plon nasion lnu oleistego (*Linum usitatissimum* L.)
(średnie dla czynników)
*Elements of linseed (*Linum usitatissimum* L.) yield structure*
(mean values for factors)

Wyszczególnienie <i>Specification</i>	Liczba torebek z rośliny [szt.] <i>Number of capsules per plant</i> [units]	Liczba nasion w torebce [szt.] <i>Number of seeds in capsules</i> [units]	Masa 1000 nasion [g] <i>Thousand seed weight</i> [g]
<i>Lata Years</i>			
2009	12,5a	5,52b	7,59a
2010	11,6b	6,92a	6,12c
2011	10,4c	4,75c	7,17b
NIR _{0,05} –LSD _{0,05}	***	***	***
<i>Odmiana Cultivar</i>			
Oliwin	12,8a	6,14a	6,61b
Opal	10,2b	5,32b	7,32a
NIR _{0,05} –LSD _{0,05}	***	***	***
<i>Nawożenie Fertilization</i>			
N ₀ +S ₁ +B ₁	10,4cd	5,85	6,95
N ₀ +S ₂ +B ₂	11,0bcd	5,83	6,97
N ₀ +S ₃ +B ₃	10,2d	5,51	6,91
N ₁ +S ₁ +B ₁	11,1bcd	5,82	7,09
N ₁ +S ₂ +B ₂	11,4abcd	5,68	6,90
N ₁ +S ₃ +B ₃	11,4abcd	6,07	6,92
N ₂ +S ₁ +B ₁	11,0bcd	5,74	7,04
N ₂ +S ₂ +B ₂	12,9a	5,44	6,97
N ₂ +S ₃ +B ₃	12,0abc	5,69	6,98
N ₃ +S ₁ +B ₁	11,7abcd	5,62	6,98
N ₃ +S ₂ +B ₂	12,2ab	5,69	6,89
N ₃ +S ₃ +B ₃	12,6ab	5,82	6,91
NIR _{0,05} –LSD _{0,05}	*	r.n.	r.n.

Średnie wartości parametrów w kolumnach oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie

Means in the same column and parameter followed by the same letter do not differ significantly

NIR_{0,05} –LSD_{0,05}, r.n. – różnica nieistotna; NS, nonsignificant

* Różnica istotna na poziomie 0,05; Significant at the 0,05 level of probability

4.6.4. Energia i zdolność kiełkowania nasion

Czynnik klimatyczny i odmianowy wywarł istotny wpływ na energię i zdolność kiełkowania nasion (tab. 3). Energia i zdolność kiełkowania była wyższa u odmiany Opal w porównaniu do odmiany Oliwin, kolejno o około 18,7% i 19,6% oraz najwyższa w 2010 roku w porównaniu do lat 2009 i 2011. Wykazano również wysoką zdolność kiełkowania odmiany Opal w 2010 roku, na poziomie 96,0%. Było to wynikiem optymalnego przebiegu warunków pogodowych dla rozwoju roślin z sumą opadów w wysokości 585,7 mm w miesiącach III-IX i średnią dobową temperaturą powietrza różniącą się od średniej wieloletniej zaledwie o 0,3°C. Nawożenie oraz interakcje badanych czynników nie wywierały istotnego wpływu na wartość badanych parametrów.

Tabela 3
Table 3

Energia i zdolność kiełkowania nasion lnu oleistego (*Linum usitatissimum* L.)
(średnie dla czynników)
Germination energy and capacity of linseed seeds (Linum usitatissimum L.)
(mean values for factors)

Wyszczególnienie <i>Specification</i>	Energia kiełkowania [%] <i>Germination energy [%]</i>	Zdolność kiełkowania [%] <i>Germination capacity [%]</i>
Lata <i>Years</i>		
2009	75,7b	76,8b
2010	88,4a	88,9a
2011	48,4c	51,8c
NIR _{0,05} -LSD _{0,05}	***	***
Odmiana <i>Cultivar</i>		
Oliwin	61,5b	62,7b
Opal	80,2a	82,3a
NIR _{0,05} -LSD _{0,05}	***	***
Nawożenie <i>Fertilization</i>		
N ₀ +S ₁ +B ₁	72,4	73,9
N ₀ +S ₂ +B ₂	69,0	71,8
N ₀ +S ₃ +B ₃	69,3	70,3
N ₁ +S ₁ +B ₁	70,0	71,5
N ₁ +S ₂ +B ₂	71,0	73,5
N ₁ +S ₃ +B ₃	68,5	68,9
N ₂ +S ₁ +B ₁	72,6	73,8
N ₂ +S ₂ +B ₂	72,3	73,9
N ₂ +S ₃ +B ₃	72,3	73,2
N ₃ +S ₁ +B ₁	68,2	71,5
N ₃ +S ₂ +B ₂	71,7	73,4
N ₃ +S ₃ +B ₃	73,0	74,1
NIR _{0,05} -LSD _{0,05}	r.n.	r.n.

Zawartość magnezu w nasionach badanych odmian lnu oleistego wynosiła średnio 358mg·kg⁻¹ (tab. 4). Czynniki nawozowy i genetyczny oraz interakcje odmiana x nawożenie, lata x nawożenie i odmiana x lata nie wpłynęły na różnicowanie się zawartości magnezu w nasionach lnu oleistego. Jedynie warunki klimatyczne wpływały na jego zawartość i najwięcej magnezu, w trzyletnim doświadczeniu, gromadziły nasiona w 2009 roku.

Wszystkie badane czynniki i współdziałanie (lata x odmiana) istotnie wpłynęły na zawartość fosforu i potasu w nasionach. Najwyższą wartość fosforu w nasionach (569 mg·kg⁻¹) odnotowano w 2009 roku, natomiast potasu (634 mg·kg⁻¹) w roku 2010. Akumulacja wapnia w nasionach wahała się w szerokim zakresie od 102 do 160 mg·kg⁻¹. w roku 2010 stwierdzono wyższą zawartość wapnia i sodu w nasionach lnu oleistego. Nasiona jasnonasiennej odmiany gromadziły mniej fosforu o 12, a potasu o 17 mg·kg⁻¹, natomiast więcej wapnia (153 mg·kg⁻¹) i sodu (95,4 mg·kg⁻¹), w porównaniu do odmiany o ciemnym zabarwieniu nasion.

Odmiana Opal gromadziła w nasionach najwięcej fosforu w 2009 roku, potasu w 2009 i 2010 oraz wapnia w 2010 roku, natomiast w nasionach odmiany Oliwin odnotowano wysoką zawartość wapnia i sodu w 2010 roku.).

Tabela 4
Table 4

Zawartość składników mineralnych [mg·kg⁻¹] w nasionach lnu oleistego (*Linum usitatissimum* L.)
(średnie dla czynników)
*Content of mineral nutrients [mg·kg⁻¹] in seeds of linseed *Linum usitatissimum* L.)*
(*mean values for factors*)

Wyszczególnienie <i>Specification</i>	Mg	P	K	Ca	Na
Lata <i>Years</i>					
2009	404a	569a	617b	113c	39,8b
2010	348b	551b	634a	153a	95,4a
2011	322b	403c	344c	127b	25,2c
NIR _{0,05} –LSD _{0,05}	***	***	***	***	***
Odmiana <i>Cultivar</i>					
Oliwin	370	502b	523b	134a	60,1a
Opal	346	514a	540a	128b	46,9b
NIR _{0,05} –LSD _{0,05}	r.n.	***	**	**	***
Nawożenie <i>Fertilization</i>					

N ₀ +S ₁ +B ₁	385	515a	504g	129	55,7
N ₀ +S ₂ +B ₂	347	512ab	525def	132	55,8
N ₀ +S ₃ +B ₃	319	511ab	547a	133	59,7
N ₁ +S ₁ +B ₁	365	511ab	517f	133	54,5
N ₁ +S ₂ +B ₂	371	516a	535bcd	131	54,0
N ₁ +S ₃ +B ₃	401	514a	346h	132	53,3
N ₂ +S ₁ +B ₁	328	504abc	528cdef	129	49,8
N ₂ +S ₂ +B ₂	368	505abc	533bcde	131	54,2
N ₂ +S ₃ +B ₃	337	513ab	547a	139	52,5
N ₃ +S ₁ +B ₁	350	498b	523ef	128	52,2
N ₃ +S ₂ +B ₂	370	501bc	539bc	130	50,3
N ₃ +S ₃ +B ₃	355	496b	540b	125	49,5
NIR _{0,05} –LSD _{0,05}	r.n.	*	*	r.n.	r.n.

Średnie wartości parametrów w kolumnach oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie

Means in the same column and parameter followed by the same letter do not differ significantly

NIR_{0,05} –LSD_{0,05}, r.n. – różnica nieistotna; NS, nonsignificant

* Różnica istotna na poziomie 0,05; Significant at the 0,05 level of probability

Największy wpływ na zawartość składników pokarmowych w nasionach lnu oleistego miał przebieg pogody w latach badań, a w mniejszym stopniu odmiana i kombinacje nawozowe. Zawartość makroelementów w suchej masie nasion lnu oleistego, średnio z 3 lat badań, malała w następującej kolejności: N > K > P > Mg > Ca. Najwięcej stwierdzono azotu 41,7 g·kg⁻¹, potasu 5,32 g·kg⁻¹, fosforu 5,08 g·kg⁻¹, magnezu 3,58 g·kg⁻¹ i Ca 1,31 g·kg⁻¹.

4.6.5. Zawartość składników organicznych w nasionach oraz wartość energetyczna nasion

Średnia zawartość białka w nasionach lnu, w 3-letnim doświadczeniu, wynosiła 261 g·kg⁻¹ (tab. 5). Różnice w zawartości tego składnika były modyfikowane czynnikiem klimatycznym, odmianowym i współdziałaniem badanych czynników. Rok 2011, z najniższą sumą dobowych temperatur o wartości 1864,8°C i najmniejszą liczbą dni z opadami w okresie od siewu do dojrzałości pełnej (61 dni), sprzyjał gromadzeniu białka ogólnego, którego było 275 g·kg⁻¹ nasion. Odmiana Opal odznaczała się wyższą zawartością białka w nasionach, w porównaniu do odmiany Oliwin, różnica ta wyniosła 23 g·kg⁻¹.

Zawartość tłuszczu w nasionach dla różnych kombinacji badanych czynników wahała się w granicach od 382 do 450 g·kg⁻¹. W 2010 roku, w porównaniu do lat 2009 i 2011, stwierdzono najniższą zawartość tłuszczu w nasionach badanych odmian lnu oleistego, na poziomie 404 g·kg⁻¹. Czynniki odmianowy nie różnicował istotnie tej cechy, natomiast zaobserwowano istotnie najkorzystniejszą dla gromadzenia się tłuszczu surowego kombinację nawożenia N₀+S₁+B₁.

Zauważono zależność, pomiędzy zawartością włókna surowego i długością techniczną, które uzyskały wartości istotnie najwyższe w 2010 roku, tj. średnio 67,8 g·kg⁻¹ włókna surowego przy długości technicznej 47 cm. Procentowa zawartość włókna w nasionach obu badanych odmian nie różniła się istotnie i średnio wynosiła 61,3 g·kg⁻¹. Odnotowano szczególnie wysoką wartość tego składnika u odmiany Oliwin w 2010 roku.

Zawartość popiołu w nasionach lnu oleistego wahała się od 30,2 do 43,6 g·kg⁻¹. Różnice w zawartości popiołu były wynikiem różnorodnych warunków klimatycznych w latach doświadczeń. Zawartość tego składnika w nasionach, w roku 2009 - z najwyższą sumą dobowych temperatur (2483,4°C) i najwyższą sumą opadów (431 mm) w okresie od siewu do dojrzałości pełnej, była, w porównaniu do 2010 i 2011 roku, najwyższa i wynosiła 39,7 g·kg⁻¹.

W przeprowadzonych badaniach odmiana Opal charakteryzowała się wysoką, o 20 g·kg⁻¹ wyższą, zawartością związków bezazotowych wyciągowych w porównaniu do odmiany Oliwin. Również wysokie wartości BAW odnotowano w 2009 i 2010 roku oraz u ciemnonasiennej odmiany w roku 2010. Nie udowodniono statystycznie wpływu czynnika nawozowego oraz jego interakcji z badanymi czynnikami na zawartość bezazotowych związków wyciągowych w nasionach lnu oleistego.

W przeprowadzonym doświadczeniu zmienna ilość azotu w nasionach wahała się w granicach od 37,8 g·kg⁻¹ do 44,7 g·kg⁻¹, ale nie było to wynikiem istotnego wpływu badanych czynników lub ich interakcji.

W doświadczeniu średnia wartość energetyczna 1 kg nasion wynosiła 12,1 MJ. Czynniki odmianowy różnicował istotnie ten parametr wskazując różnicę między odmianami na poziomie 0,5MJ na korzyść odmiany Oliwin. w 2011 roku nasiona uzyskiwały wyższą wartość energetyczną w porównaniu do pierwszego i drugiego roku badań. Czynniki nawozowy oraz interakcja badanych czynników nie wpłynęła na różnicowanie się wartości energetycznej nasion.

Tabela 5

Table 5

Zawartość suchej masy, składników organicznych [g·kg⁻¹] oraz wartość energetyczna [MJ] nasion lnu oleistego (*Linum usitatissimum* L.) (średnie dla czynników)
*Content of dry matter, organic nutrients [g·kg⁻¹] and energy value [MJ] in seeds of linseed (*Linum usitatissimum* L.) (mean values for factors)*

Wyszczególnienie <i>Specification</i>	Sucha masa <i>Dry matter</i>	Białko ogółem <i>Crude protein</i>	Tłuszcz surowy <i>Crude fat</i>	Włókno surowe <i>Crude fibre</i>	Popiół surowy <i>Crude ash</i>	BAW <i>N-free extractives</i>	N <i>Nitrogen</i>	Wartość energetyczna 1kg nasion <i>Energy value 1 kg of seeds</i>
Lata <i>Years</i>								
2009	933c	245c	435a	59,7b	39,7a	221a	39,1c	12,2b
2010	949a	262b	404b	67,8a	38,4b	227a	41,9b	11,8c
2011	937b	275a	435a	56,5b	31,6c	203b	44,1a	12,4a
NIR _{0,05} -LSD _{0,05}	***	***	***	**	***	***	***	***
Odmiana <i>Cultivar</i>								
Oliwin	942a	249b	444	63,5	36,7	207b	39,9b	12,4a
Opal	937b	272a	405	59,1	36,4	227a	43,5a	11,9b
NIR _{0,05} -LSD _{0,05}	***	***	r.n.	r.n.	r.n.	***	***	***
Nawożenie <i>Fertilization</i>								
N ₀ +S ₁ +B ₁	941	257	424a	64,8	36,6	218	41,1	12,1
N ₀ +S ₂ +B ₂	940	256	418b	70,6	37,0	219	40,9	12,1
N ₀ +S ₃ +B ₃	940	257	419ab	70,3	36,8	216	41,2	12,1
N ₁ +S ₁ +B ₁	939	263	426ab	61,1	36,5	215	41,9	12,2

N ₁ +S ₂ +B ₂	939	259	427ab	61,4	38,1	214	41,4	12,2
N ₁ +S ₃ +B ₃	940	258	426ab	58,6	37,3	220	41,3	12,2
N ₂ +S ₁ +B ₁	940	266	425ab	60,0	35,6	214	42,5	12,2
N ₂ +S ₂ +B ₂	939	263	427ab	59,4	36,7	213	42,1	12,2
N ₂ +S ₃ +B ₃	937	262	424ab	58,9	36,7	220	41,9	12,2
N ₃ +S ₁ +B ₁	940	263	428ab	57,0	35,7	217	42,0	12,2
N ₃ +S ₂ +B ₂	941	263	427ab	56,0	35,9	220	42,1	12,2
N ₃ +S ₃ +B ₃	939	263	425ab	57,8	35,8	218	42,1	12,2
NIR _{0,05} -LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	***	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

Srednie wartości parametrów w kolumnach oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie

Means in the same column and parameter followed by the same letter do not differ significantly

r.n. – różnica nieistotna; NS, nonsignificant

*** Różnica istotna na poziomie 0,001; Significant at the 0,001 level of probability

Podsumowując stwierdziłam, że zastosowane kombinacje nawozowe modyfikowały zawartość tłuszczu w nasionach, ale nie wywarły istotnego wpływu na skład kwasów tłuszczowych w oleju. Wykazałam, że zmiany garnituru kwasów są widoczne w interakcjach lata x odmiana i odmiana x nawożenie oraz pod działaniem czynnika odmianowego.

4.6.6. Plon nasion, wydajność tłuszczu i białka oraz wartość energetyczna plonu nasion

Uzyskane plony nasion odmian oleistych lnu w przeprowadzonych doświadczeniach w ciągu trzech sezonów wegetacyjnych wahały się od 1,59 do 2,25 t·ha⁻¹ (tab. 6). Najcieplejszy 2009 rok, z najwyższą sumą opadów sprzyjał osiągnięciu najwyższego (2.25 t·ha⁻¹) plonu nasion w trzyletnim doświadczeniu. Niskie plony uzyskano przy nawożeniu bez udziału azotu, a wyższe odnotowano w kombinacji nawożenia N₃+S₁+B₁, oraz N₂+S₂+B₂.

Czynnik genetyczny oraz współdziałanie badanych czynników nie różnicowały istotnie wysokości plonu nasion lnu oleistego.

Lata badań, odmiana oraz nawożenie istotnie różnicowały wydajność tłuszczu z 1 ha. Wartość tej cechy dla odmiany Oliwin wyniosła 833 kg·ha⁻¹, a dla odmiany Opal, o 11% mniej - 741 kg·ha⁻¹. Na podstawie badań stwierdziłam, że wzrost dawki nawożenia azotowego sprzyjał wydajności tłuszczu z 1 ha. Przy zastosowaniu nawożenia dawką N₃ i najniższej dawki siarki (30 kg·ha⁻¹) oraz boru (5 kg·ha⁻¹) uzyskano wysoką wydajność tłuszczu.

W 2009 roku odnotowałam istotnie wyższą wydajność tłuszczu (981 kg·ha⁻¹) i białka (549 kg·ha⁻¹) z 1 ha oraz uzyskałam nasiona o wyższej wartości energetycznej (275 MJ), niż w latach 2010 i 2011. Ciemnonasienna odmiana Opal charakteryzowała się wyższą wydajnością białka (o 34 kg·ha⁻¹) i wartością energetyczną (o 85 MJ) w porównaniu do jasnonasiennej odmiany Oliwin.

Zastosowanie zróżnicowanych dawek łącznego nawożenia azotem, siarką i borem pozwoliło na uzyskanie, przy porównaniu najniższej z najwyższą wartością cechy, kolejno o 11,5%, 11,8% oraz 10,5% wyższej wydajności tłuszczu, białka oraz wartości energetycznej nasion.

Odmiana Oliwin, w ciepłym i wilgotnym 2009 roku, osiągnęła najwyższą wydajność tłuszczu i była to wartość wyższa od średniej z doświadczenia o 294 kg·ha⁻¹. Nie wykazano wpływu czynników pogodowych ani czynnika odmianowego przy różnych wariantach nawożenia na plon ogólny, wydajność tłuszczu, białka oraz wartość energetyczną nasion lnu oleistego.

Tabela 6

Table 6

Plon ogólny, wydajność tłuszczu, białka oraz wartość energetyczna plonu nasion lnu oleistego (*Linum usitatissimum* L.) (średnie dla czynników)

Total yield, fat yield, protein yield and energy value of oilseed flax (Linum usitatissimum L.) seed crop (mean values for factors)

Wyszczególnienie <i>Specification</i>	Plon [$\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$] nasion lnu oleistego (<i>L. usitatissimum</i> L.) <i>Yield of seeds of linseed</i> (<i>L. usitatissimum</i> L.)	Wydajność tłuszczu [$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$] <i>Yield of crude fat</i> [$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$]	Wydajność białka [$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$] <i>Yield of total protein</i> [$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$]	Wartość energetyczna [MJ ha^{-1}] <i>Energy value</i> [MJ ha^{-1}]
Lata <i>Years</i>				
2009	2,25a	981a	549a	275a
2010	1,71b	690b	449b	202b
2011	1,59c	690b	437b	196b
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	***	***	***	***
Odmiana <i>Cultivar</i>				
Oliwin	1,87	833a	461b	232b
Opal	1,83	741b	495a	317a
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	r.n.	***	***	***
Nawożenie <i>Fertilization</i>				
N ₀ +S ₁ +B ₁	1,82bc	775bcd	466cd	221bcd
N ₀ +S ₂ +B ₂	1,76c	739d	447d	212d
N ₀ +S ₃ +B ₃	1,77c	746cd	451d	213cd
N ₁ +S ₁ +B ₁	1,87abc	798ab	489abc	227abc
N ₁ +S ₂ +B ₂	1,82bc	779bcd	469cd	221bcd
N ₁ +S ₃ +B ₃	1,82bc	775bcd	463cd	220bcd
N ₂ +S ₁ +B ₁	1,86abc	794abc	490abc	227abc
N ₂ +S ₂ +B ₂	1,92ab	825ab	502ab	235ab
N ₂ +S ₃ +B ₃	1,82bc	776bcd	472bcd	221bcd
N ₃ +S ₁ +B ₁	1,95a	835a	507a	237a
N ₃ +S ₂ +B ₂	1,91ab	815ab	498ab	233ab
N ₃ +S ₃ +B ₃	1,86abc	790abc	484abc	226abcd
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	*	**	***	**

4.6.7. Skład kwasów tłuszczowych w oleju lnianym

Skład kwasów tłuszczowych w oleju lnianym przedstawiłam na rys. 1, 2 i 3 oraz w tab. 7, 7a-c. w badaniach wykazałam, że zawartość kwasów tłuszczowych w oleju lnianym uwarunkowana jest przebiegiem pogody w latach badań oraz czynnikiem genetycznym. Kwas kaprylowy (C8:0), kaprynowy (C10:0), palmitynowy (C16:0), arachinowy (C20:0), behenowy (C22:0) i lignocerynowy (C24:0) z grupy kwasów nasyconych oraz oleinowy (C18:1), palmitooleinowy (C16:1) i erukowy (C22:1) z grupy kwasów nienasyconych wykazywały wysokie zawartości w 2009 roku, natomiast w 2011 roku wyższymi zawartościami w oleju charakteryzowały się kwasy: laurynowy (C12:0), stearynowy (C18:0) i z grupy kwasów nienasyconych – linolenowy

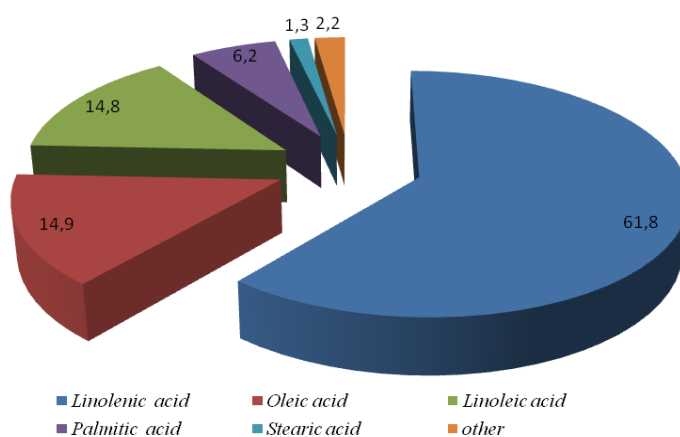
(C18:3) i erukowy (C22:1). Kwas linolowy (C18:2) i kwas palmitooleinowy (C16:1) uzyskiwały wyższe wartości w 2010 roku. w warunkach niższych temperatur (2011 r.), stwierdzono w oleju badanych odmian lnu oleistego istotnie więcej wielonienasyconych - kwasu linolowego i linolenowego, natomiast przy wyższych temperaturach (2012 r.) obserwowano istotnie wyższą zawartość jednonienasyconego kwasu oleinowego.

Spośród kwasów tłuszczowych zawartych w nasionach lnu oleistego najczęściej jest kwasu linolenowego. Wszystkie porównywane odmiany odznaczały się bardzo stabilnym udziałem jedynie kwasu palmitynowego (C_{16:0}), natomiast w zawartości kwasu stearynowego (C_{18:0}) wystąpiły różnice istotne na korzyść ciemnonasiennej odmiany Opal. Średnia zawartość kwasu linolenowego i oleinowego w sumie kwasów ogółem, w trzyletnim doświadczeniu, wynosiła odpowiednio 60,1% i 16,7%. Odmiana Opal osiągnęła wyższy poziom o 1,83% kwasu oleinowego i niższy o 11,4 punktu procentowego kwasu linolenowego w odniesieniu do odmiany Oliwin. Jasnonasienna odmiana Oliwin gromadziła więcej kwasu behenowego, erukowego, kaprynowego i palmitooleinowego.

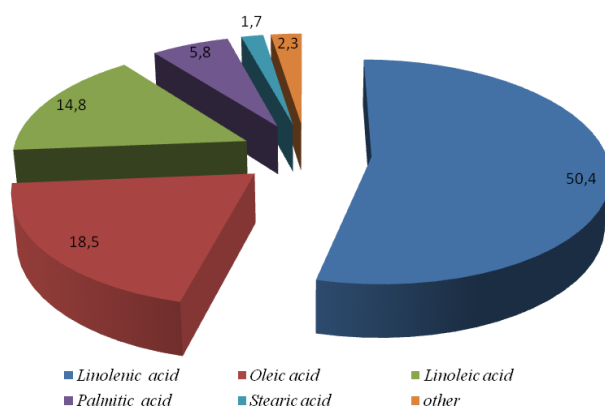
Zawartość kwasów tłuszczowych nasyconych nie różnicowała się pod wpływem badanych czynników i ich współdziałania. Ponad 78,5% niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych nagromadziło się w 2011 roku, a blisko 20% jednonienasyconych kwasów tłuszczowych w roku 2009. Odmiana o jasnych nasionach charakteryzowała się wyższą zawartością NNKT, natomiast ciemnonasienna – wyższą zawartością MUFA. Wpływ nawożenia na zawartość kwasów tłuszczowych nasyconych, jednonienasyconych i NNKT był nieistotny.

Suma kwasów nienasyconych osiągnęła średnią wartość około 91,8%, a stosunek kwasów nasyconych do nienasyconych wyniósł 1: 11,3. Czynniki klimatyczne modyfikowały proporcje C_{18:2} (n-6) : C_{18:3} (n-3), które były mniej korzystne w 2010 roku, także mniej korzystne proporcje wystąpiły w tym samym roku dla odmiany Opal.

W przeprowadzonych badaniach nad warunkami uprawy lnu oleistego wykazałam, że zawartość wszystkich wyszczególnionych kwasów tłuszczowych, z wyjątkiem C_{14:0}, jest modyfikowana przebiegiem warunków pogodowych w latach badań. Stwierdziłam, że lata ciepłe i dość wilgotne (2009 i 2011) wpływają korzystnie na proporcje C_{18:2} (n-6) : C_{18:3} (n-3).



Rys.8. Kwasy tłuszczowe [% sumy kwasów] w oleju lnianym (*Linum usitatissimum* L.) odmiany Oliwin
 Fig. 8. Fatty acids content of oil flax seeds (*Linum usitatissimum* L.) on Oliwin cultivar, % of total fatty acids



Rys. 9. Kwasy tłuszczowe [% sumy kwasów] w oleju lnianym (*Linum usitatissimum*L.) odmiany Opal
 Fig. 9. Fatty acids content of oil flax seeds (*Linum usitatissimum*L.) on Opal cultivar, % of total fatty acids

Tabela 7
 Table 7

Kwasy tłuszczowe [% sumy kwasów] w oleju lnianym (*Linum usitatissimum* L.)
 (średnie dla czynników)

*Fatty acids content of linseed seeds (*Linum usitatissimum* L.), % of total fatty acids
 (mean values for factors)*

Średnie wartości parametrów w kolumnach oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie

Wyszczególnienie <i>Specification</i>	Kwas oleinowy <i>Oleic acid</i>	Kwas linolowy <i>Linoleic acid</i>	Kwas linolenowy <i>Linolenic acid</i>	Kwas arachinowy <i>Arachidic acid</i>	Kwas behenowy <i>Behenic acid</i>	Kwas erukowy <i>Erucic acid</i>	Kwas lignocerynowy <i>Lignoceric acid</i>
Lata <i>Years</i>							
2009	19,94a	12,50c	59,19b	0,074a	0,152a	0,069a	0,760a
2010	16,93b	17,77a	56,79c	0,038b	0,057b	0,013b	0,039b
2011	13,21c	14,24b	64,30a	0,037b	0,154b	0,097a	0,031b
NIR _{0,05} –LSD _{0,05}	***	***	***	*	*	**	***
Odmiana <i>Cultivar</i>							
Oliwin	14,86b	14,84	61,78a	0,046	0,162a	0,080a	0,209
Opal	18,53a	14,83	50,40b	0,053	0,080b	0,039b	0,263
NIR _{0,05} –LSD _{0,05}	***	r.n.	***	r.n.	*	*	r.n.
Nawożenie <i>Fertilization</i>							
N ₀ +S ₁ +B ₁	15,27	15,73	60,69	0,027	0,149	0,043	0,399
N ₀ +S ₂ +B ₂	16,24	14,21	61,16	0,069	0,086	0,066	0,289
N ₀ +S ₃ +B ₃	16,50	14,71	60,91	0,070	0,142	0,038	0,236
N ₁ +S ₁ +B ₁	17,09	15,93	59,13	0,054	0,186	0,032	0,244
N ₁ +S ₂ +B ₂	16,95	13,58	61,16	0,030	0,146	0,075	0,329
N ₁ +S ₃ +B ₃	16,79	14,90	60,05	0,052	0,052	0,040	0,230
N ₂ +S ₁ +B ₁	16,25	14,47	60,37	0,039	0,036	0,048	0,446
N ₂ +S ₂ +B ₂	15,90	15,22	59,83	0,036	0,207	0,109	0,372
N ₂ +S ₃ +B ₃	17,00	14,89	59,91	0,050	0,143	0,115	0,164
N ₃ +S ₁ +B ₁	17,35	15,03	59,08	0,077	0,143	0,057	0,181
N ₃ +S ₂ +B ₂	17,51	14,75	59,18	0,033	0,082	0,044	0,311
N ₃ +S ₃ +B ₃	17,49	14,61	59,64	0,059	0,081	0,050	0,116
NIR _{0,05} –LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

Means in the same column and parameter followed by the same letter do not differ significantly

r.n. – różnica nieistotna; NS, nonsignificant

Tabela 7a
Table 7a

Kwasy tłuszczowe [% sumy kwasów] w oleju lnianym (*Linum usitatissimum* L.)
(średnie dla czynników)

Fatty acids content of linseed seeds (*Linum usitatissimum* L.) , % of total fatty acids
(mean values for factors)

Średnie wartości parametrów w kolumnach oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie

Wyszczególnienie <i>Specification</i>	Kwas kaprylowy <i>Caprylic acid</i>	Kwas kaprynowy <i>Capric acid</i>	Kwas laurynowy <i>Lauric acid</i>	Kwas mirystynowy <i>Myristic acid</i>	Kwas palmitynowy <i>Palmitic acid</i>	Kwas palmitoleinowy <i>Palmitoleic acid</i>	Kwas stearynowy <i>Stearic acid</i>
Lata <i>Years</i>							
2009	0,324a	0,036a	0,013b	0,084	6,627a	0,091ab	0,131b
2010	0,008b	0,026b	0,032ab	0,077	6,055b	0,118a	2,052a
2011	0,005b	0,034a	0,043a	0,112	5,405b	0,035b	2,300a
NIR _{0,05} -LSD _{0,05}	***	***	*	r.n.	***	***	***
Odmiana <i>Cultivar</i>							
Oliwin	0,089	0,045a	0,031	0,099	6,24	0,098a	1,33b
Opal	0,014	0,019b	0,028	0,082	5,82	0,064b	1,66a
NIR _{0,05} -LSD _{0,05}	r.n.	***	r.n.	r.n.	r.n.	**	*
Nawożenie <i>Fertilization</i>							
N ₀ +S ₁ +B ₁	0,224	0,034	0,049	0,058	6,019	0,131	1,174
N ₀ +S ₂ +B ₂	0,057	0,036	0,031	0,096	6,039	0,091	1,532
N ₀ +S ₃ +B ₃	0,016	0,029	0,036	0,111	5,719	0,068	1,397
N ₁ +S ₁ +B ₁	0,019	0,028	0,021	0,067	6,464	0,036	0,701
N ₁ +S ₂ +B ₂	0,019	0,031	0,047	0,118	6,065	0,066	1,382
N ₁ +S ₃ +B ₃	0,153	0,027	0,020	0,112	6,084	0,058	1,432
N ₂ +S ₁ +B ₁	0,040	0,035	0,020	0,094	6,181	0,069	1,900
N ₂ +S ₂ +B ₂	0,178	0,032	0,023	0,042	6,157	0,076	1,821
N ₂ +S ₃ +B ₃	0,139	0,033	0,027	0,106	5,446	0,109	1,871
N ₃ +S ₁ +B ₁	0,253	0,038	0,021	0,082	6,099	0,086	1,511
N ₃ +S ₂ +B ₂	0,183	0,028	0,028	0,083	6,065	0,080	1,621
N ₃ +S ₃ +B ₃	0,067	0,032	0,032	0,122	6,014	0,087	1,593
NIR _{0,05} -LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

Means in the same column and parameter followed by the same letter do not differ significantly

NIR_{0,05} -LSD_{0,05}; r.n. – różnica nieistotna; NS, nonsignificant

Tabela 7b

Table 7b

Kwasy tłuszczowe jednonienasycone, nasycone i niezbędne nienasycone [% sumy kwasów]
w oleju lnianym (*Linum usitatissimum* L.) (średnie dla czynników)
Monounsaturated, saturated, polyunsaturated and essential fatty acids content in linseed seeds (Linum usitatissimum L.) , % of total fatty acids
(mean values for factors interaction – cultivar x years)

Wyszczególnienie <i>Specification</i>	Kwasy nasycone <i>Saturated acids</i>	Jednonienasycone kwasy tłuszczowe <i>Monounsaturated fatty acids</i> (MUFA)	Niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe (NNKT) <i>Polyunsaturated fatty acids</i> (PUFA = Essential Fatty Acids- EFA)
Lata <i>Years</i>			
2009	8,20	20,10a	71,70c
2010	8,38	17,06b	74,56b
2011	8,12	13,34c	78,54a
NIR _{0,05} –LSD _{0,05}	r.n.	***	***
Odmiana <i>Cultivar</i>			
Oliwin	8,33	15,04b	76,62a
Opal	8,14	18,63a	73,24b
NIR _{0,05} –LSD _{0,05}	r.n.	***	***
Nawożenie <i>Fertilization</i>			
N ₀ +S ₁ +B ₁	8,13	15,45	76,42
N ₀ +S ₂ +B ₂	8,24	16,39	75,37
N ₀ +S ₃ +B ₃	7,76	16,63	75,62
N ₁ +S ₁ +B ₁	7,78	17,16	75,06
N ₁ +S ₂ +B ₂	8,17	17,09	74,75
N ₁ +S ₃ +B ₃	8,16	16,89	74,95
N ₂ +S ₁ +B ₁	8,79	16,37	74,84
N ₂ +S ₂ +B ₂	8,87	16,08	75,05
N ₂ +S ₃ +B ₃	7,98	17,23	74,80
N ₃ +S ₁ +B ₁	8,40	17,49	74,11
N ₃ +S ₂ +B ₂	8,43	17,64	73,93
N ₃ +S ₃ +B ₃	8,12	17,63	74,26
NIR _{0,05} –LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	r.n.

Średnie wartości parametrów w kolumnach oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie

Means in the same column and parameter followed by the same letter do not differ significantly NIR_{0,05} –LSD_{0,05}

r.n. – różnica nieistotna; NS, nonsignificant

W doświadczeniu wykazałam, że odmiana o jasnych nasionach może gromadzić więcej kwasu palmitooleinowego oraz niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych (NNKT - PUFA), szczególnie kwasu linolenowego, natomiast w ciemnych nasionach może być wyższa zawartość kwasu stearynowego oraz kwasów jednonienasyconych (MUFA), szczególnie kwasu oleinowego.

Tabela 7c

Table 7c

Suma kwasów nienasyconych i stosunek nasyconych do nienasyconych [% sumy kwasów] w oleju lnianym (*Linum usitatissimum* L.) (średnie dla czynników)
Fatty acids content of linseed seeds (Linum usitatissimum L.) (mean values for factors) , % of total fatty acids

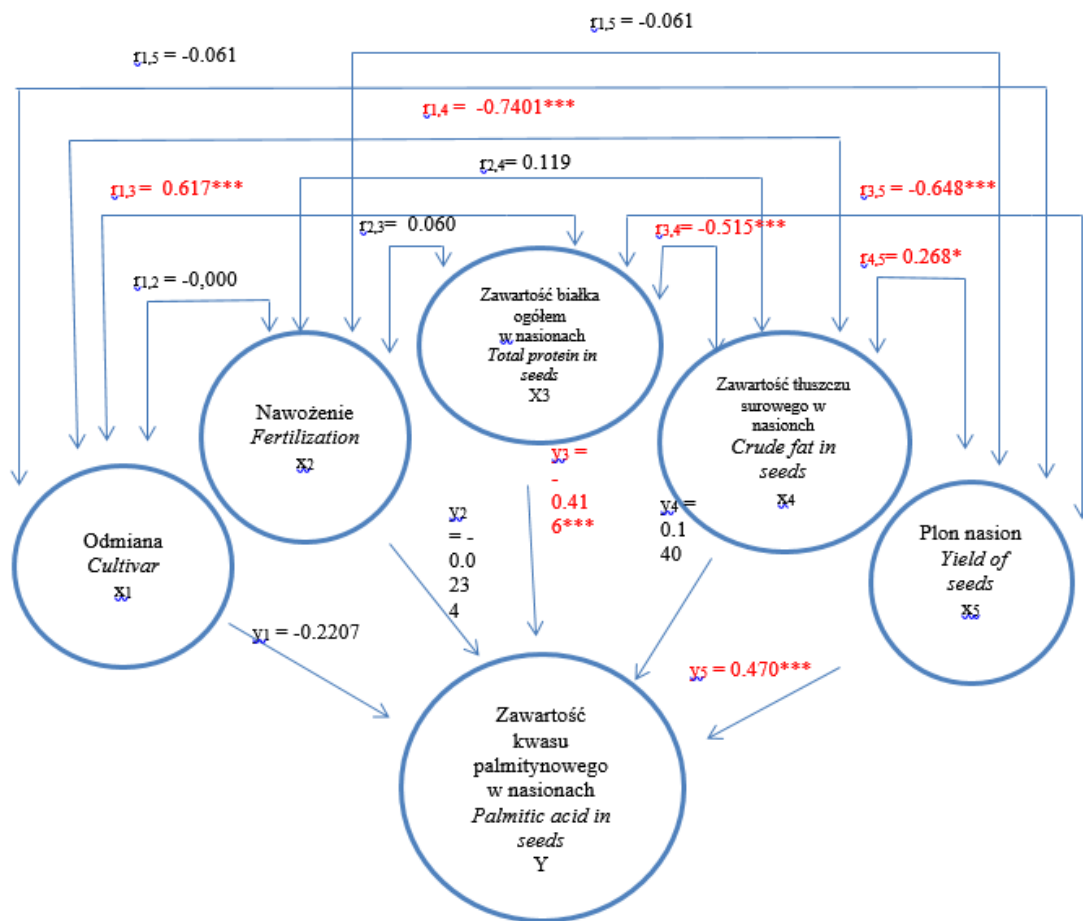
Średnie wartości parametrów w kolumnach oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie

Wyszczególnienie <i>Specification</i>	Suma kwasów nienasyconych <i>Sum of unsaturated fatty acids</i>	Kwasy nasycone : kwasy nienasycone <i>Saturated fatty acids: unsaturated fatty acids</i>	C _{18:2} (n-6) : C _{18:3} (n-3)
Lata <i>Years</i>			
2009	91,8	1 : 11,3	0,21: 1b
2010	91,6	1 : 11,3	0,32: 1a
2011	91,9	1 : 11,4	0,22: 1 b
NIR _{0,05} –LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	***
Odmiana <i>Cultivar</i>			
Oliwin	91,7	1 : 11,1	0,24: 1
Opal	91,9	1 : 11,6	0,26: 1
NIR _{0,05} –LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	r.n.
Nawożenie <i>Fertilization</i>			
N ₀ +S ₁ +B ₁	91,9	1 : 11,8	0,26: 1
N ₀ +S ₂ +B ₂	91,8	1 : 11,2	0,23: 1
N ₀ +S ₃ +B ₃	92,3	1 : 12,0	0,24: 1
N ₁ +S ₁ +B ₁	92,2	1 : 12,3	0,29: 1
N ₁ +S ₂ +B ₂	91,8	1 : 11,3	0,23: 1
N ₁ +S ₃ +B ₃	91,8	1 : 11,3	0,25: 1
N ₂ +S ₁ +B ₁	91,2	1 : 10,5	0,24 : 1
N ₂ +S ₂ +B ₂	91,1	1 : 10,3	0,26 : 1
N ₂ +S ₃ +B ₃	92,0	1 : 12,2	0,25 : 1
N ₃ +S ₁ +B ₁	91,6	1 : 10,9	0,26 : 1
N ₃ +S ₂ +B ₂	91,6	1 : 10,9	0,25 : 1
N ₃ +S ₃ +B ₃	91,9	1 : 11,3	0,25 : 1
NIR _{0,05} –LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	r.n.

Means in the same column and parameter followed by the same letter do not differ significantly NIR_{0,05} –LSD_{0,05}

r.n. – różnica nieistotna; NS, nonsignificant

Ostatecznie stwierdziłam, że żaden z badanych czynników nie determinował zawartości nasyconych kwasów tłuszczowych SFA (*Saturated fatty acids*) i nie modyfikował stosunku kwasów nasyconych do nienasyconych w oleju lnianym.



Rys. 3. Współczynniki korelacji liniowej Pearsona pomiędzy zawartością kwasu palmitynowego w nasionach a wybranymi cechami.

Fig. 3. Pearson's linear correlation coefficient between palmitic acid and another selected traits.

Do oceny wzajemnych zależności cech posłużyłam się również regresją wieloraką krokową i wsteczną. Przykładowo w interpretacji zmiennej zależnej – kwasu stearynowego wykorzystałam zmienne o istotnym współczynniku korelacji liniowej; zawartość kwasu mirystynowego, oleinowego, linolowego, lignocerynowego, masę 1000 nasion, suchą masę, zawartość białka ogółem, tłuszczu i popiołu surowego, wysokość roślin oraz zawartości N, P, K, Ca i Mg w nasionach. w analizie regresji wielorakiej wykazałam zależność istotną jedynie dla kwasu kaprynowego, wysokości roślin oraz zawartości K (R^2 popraw.=0,7084). w kolejnym kroku eliminacja zmiennych nieistotnych spowodowała zmianę zależności zgodnie z równaniem:

$$\text{kwas stearynowy} = -0,76 \text{ wysokość roślin} + 0,42 \text{ N} - 0,85 \text{ P} + 1,25 \text{ K} - 1,69, \text{ przy } R^2 \text{ popraw.} = 0,6750.$$

Uwzględnienie w analizie jedynie kwasów tłuszczowych o istotnym współczynniku korelacji Pearsona otrzymałam zależność:

$$\text{kwas stearynowy} = -0,14 \text{ kaprylowy} - 0,24 \text{ palmitynowy} - 0,11 \text{ oleinowy} - 0,14 \text{ linolowy} - 0,03 \text{ arachinowy} - 0,40 \text{ lignocerynowy} + 3,35, \text{ (dla } R^2 \text{ popraw.} = 0,5591).$$

W dalszym postępowaniu eliminowania zmiennych nieistotnych, w obliczeniach krokowej regresji wielorakiej, uzyskałam postać równania:

kwasy stearynowy = - **0,71 lignocerynowy** + 2,06 (dla R^2 popraw. = 0,4950).

Z interpretacji zależności wynika, że wzrost zawartości kwasu lignocerynowego o 1% powoduje spadek zawartości kwasu stearynowego o 0,71 jednostki.

Wyniki regresji wielorakiej dla kwasu oleinowego przy uwzględnieniu istotnych współczynników korelacji liniowej dla zmiennych niezależnych; wysokości roślin, liczby torebek na roślinie, masy 1000 nasion, tłuszczu i popiołu surowego, BAW, zawartości azotu, magnezu, fosforu i potasu w nasionach, kwasu linolenowego, kwasu lignocerynowego, kwasu kaprynowego i kaprylowego, kwasu laurynowego, palmitynowego oraz stearynowego wykazały istotne zależności jedynie dla kwasu linolenowego, zawartości azotu, fosforu, potasu i magnezu oraz dla masy 1000 nasion:

kwasy oleinowy = - **0,65 linolenowy** - 0,04 lignocerynowy -- 0,24 tłuszcz surowy + 0,06 popiół surowy - **0,31 N** - 0,19 wysokość roślin - 0,04 liczba torebek + 0,25 Mg - **0,66 P** + **0,78 K** - 0,09 kaprynowy + 0,11 kaprylowy - 0,05 laurynowy - 0,06 palmitynowy - 0,18 stearynowy + **0,47 MTZ** - 0,09 BAW + 79,6 dla R^2 popraw. = 0,8732.

Analiza regresji wielorakiej wstecznej eliminująca zmienne nieistotne w konsekwencji ograniczyła liczbę zmiennych niezależnych do kwasu linolenowego, masy 1000 nasion oraz zawartości potasu. Wartość równania dla zmiennej zależnej kwasu oleinowego przyjmie postać:

kwasy oleinowy = - **0,46 linolenowy** + **0,43 K** + **0,49 MTZ** + 15,8 dla R^2 popraw. = 0,8484.

Wzrost masy 1000 nasion oraz zawartości potasu w nasionach wpływa na wzrost zawartości kwasu oleinowego, natomiast jego zawartość maleje 0,46 punktów %, kiedy udział kwasu linolenowego wzrasta o 1%.

Przy ocenie oddziaływania pozostałych kwasów tłuszczowych na kwas oleinowy wykazałam, że jedynie kwas linolenowy, lignocerynowy, kaprylowy, palmitynowy oraz kwas stearynowy mają wpływ na zawartość kwasu oleinowego. Natomiast wyniki regresji wielorakiej krokowej zawężają zależność kwasu oleinowego od kwasu linolenowego oraz stearynowego:

kwasy oleinowy = - **0,74 linolenowy** + **0,41 stearynowy** + 56,1 dla R^2 popraw. = 0,7450

4.7. Dyskusja

Według Bocianowskiego i Praczyka [2013b], średnica łodyg i liczba rozgałęzień są cechami, które nie zależą od warunków środowiskowych. To nie jest zgodne z wynikami eksperymentu (patrz tabela 9). w roku 2010 rośliny były wyższe niż w latach 2009 i 2011. w tym samym roku odnotowano także największą wartość długości technicznej oraz średnicy łodyg. Rośliny odmiany Opal były wyższe o 0,7 cm w porównaniu do średniej wysokości roślin w eksperymencie, która wynosiła 55,5 cm. Wysokość roślin odmiany Oliwin wynosiła 54,9 cm, podczas gdy w badaniu Klimonta i in. [2014] była ona o 3 cm niższa. Odmiana Oliwin charakteryzowała się grubszymi łodygami, większą liczbą rozgałęzień, ale mniejszą długością techniczną w porównaniu do

odmiany Opal. Nawożenie $N_3+S_3+B_3$ sprzyjało wzrostowi grubości łodyg, natomiast dawka $N_1+S_2+B_2$ pozwalała uzyskać bardziej smukłe rośliny.

Współdziałanie czynników (odmiana x rok) wskazuje, że 2010 rok, który charakteryzował się normalnymi warunkami (podobnymi do średnich z wielu lat pod względem średniej temperatury powietrza) oraz największą sumą opadów w okresie wegetacji, umożliwił obu odmianom uzyskanie najwyższych roślin o największej długości technicznej łodyg. Odmiana Oliwin osiągnęła najgrubsze łodygi z największą liczbą rozgałęzień w 2011 roku. Na podstawie badań nie stwierdziłam istotnego współdziałania badanych czynników: rok x nawożenie i odmiana x nawożenie. Wykazałam, że istnieje niewielkie zróżnicowanie genetyczne w najważniejszych cechach uprawnych lnu, co znajduje potwierdzenie w literaturze [Praczyk i in. 2010]. Według Hockinga [1995], średnie dawki azotu zapewniały co najmniej 50% udziału torebek z pędów bocznych w całkowitej liczbie owoców uzyskiwanych z jednej rośliny.

W eksperymencie własnym stwierdziłam korzystny wpływ nawożenia $N_2+S_2+B_2$ na liczbę torebek na roślinie. w 2011 roku odmiana Oliwin wytworzyła najwięcej torebek na jednej roślinie (15,1 szt.). Nie zaobserwowałam wpływu interakcji lata x nawożenie na badane cechy kształtujące plon nasion. Zgodnie z Bocianowskim i Praczykiem [2013b], masa 1000 nasion, oprócz średnicy łodyg i liczby rozgałęzień, jest cechą która nie zależy od warunków środowiskowych, ale jest determinowana przez czynnik genetyczny. w trzyletnim eksperymencie, brązowonasienna odmiana Opal miała masę 1000 nasion wynoszącą około 7,32 g, mniejszą o 0,71 g (o 9,7%) niż u jasnonasiennej odmiany Oliwin. Wyniki te nie pokrywają się z badaniami Pavlova i in. [2014], gdzie nasiona o brązowym zabarwieniu miały niższą masę 1000 nasion (od 4,4 do 7,2 g), a żółtonasienne miały wyższą masę (od 6,4 do 8,8 g). Porównując kilka odmian lnu oleistego według Zająca i in. [2002], zaobserwowano znaczące różnice w masie 1000 nasion, przy czym masa ta u odmiany Opal była podobna, a różnica między nimi nie przekraczała 0,08 g, w przeciwieństwie do wyników uzyskanych przez Zająca [2002], gdzie różnica wynosiła 7,4 g. w badaniach własnych odmiana Opal osiągnęła najwyższą masę 1000 nasion (8,08 g) w ciepłym roku 2009, a nawożenie w wariacie $N_0+S_1+B_1$, $N_1+S_3+B_3$ oraz $N_2+S_2+B_2$ miało korzystny wpływ na tę cechę u tej odmiany.

W trzyletnim eksperymencie średnia zawartość białka w nasionach lnu wynosiła $261 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ i była modyfikowana przez czynniki klimatyczne, odmianę oraz ich współdziałanie. Rok 2011, charakteryzujący się niskimi temperaturami i krótkim okresem opadów (61 dni), sprzyjał gromadzeniu białka ogólnego, które osiągnęło poziom $275 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ nasion. Odmiana Opal wykazywała wyższą zawartość białka w nasionach niż odmiana Oliwin, różnica wynosiła $23 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Inne badania sugerują, że zawartość białka może wahać się od 239 do $291 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ [Wondolowska-Grabowska i in. 2015] lub nawet spadać do $218 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ [Singh i in. 2012], zależnie od odmiany i warunków.

Z kolei zawartość surowego tłuszczu w nasionach lnu oleistego może wynosić od 414 do $424 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ [Singh i in. 2012]. w badaniach własnych zawartość tłuszczu w nasionach wahała się od 382 do $450 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, przy najniższym poziomie w 2010 r. Odmiana nie miała istotnego wpływu na tę cechę, ale kombinacja nawożenia $N_0+S_1+B_1$ sprzyjała akumulacji tłuszczu surowego w nasionach.

W badaniach stwierdziłam również, że większa obsada roślin może zwiększyć plon włókna surowego nawet o 25%. Większe zagęszczenie roślin na jednostce powierzchni wpływało na wzrost wysokości łodyg i zawartość włókna surowego. Procentowa zawartość włókna

w nasionach obu badanych odmian była podobna, wynosząc średnio $61,3 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Odmiana Oliwin wyróżniała się szczególnie wysoką zawartością włókna surowego w 2010 roku.

Zawartość popiołu w nasionach lnu oleistego wahała się od 30,2 do $43,6 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ i była wynikiem różnic w warunkach klimatycznych. Najwyższą zawartość popiołu stwierdzono w roku 2009, który charakteryzował się wysoką temperaturą i opadami. Inne badania (Singh i in. 2012) sugerują, że różnice odmianowe w zawartości popiołu mogą wynosić od 3 do $4 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, choć nasze badania nie potwierdziły tego wyniku. Odmiana Opal wykazywała wyższą zawartość związków bezazotowych wyciągowych niż odmiana Oliwin, różnica wynosiła $20 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Wyniki były podobne w roku 2009 i 2010. Czynniki nawozowe nie miały istotnego wpływu na zawartość tych związków w nasionach.

Nasiona lnu akumulują około $36\text{--}42 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ azotu. w badaniach własnych ilość azotu w nasionach była zmienna, wynosiła od 37,8 do $44,7 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, ale nie była wynikiem istotnego wpływu badanych czynników.

Średnia wartość energetyczna 1 kg nasion wynosiła 12,1 MJ, przy czym czynnik odmianowy wpływał istotnie na ten parametr, wskazując na różnicę wynoszącą 0,5 MJ na korzyść odmiany Oliwin. w 2011 roku nasiona miały wyższą wartość energetyczną w porównaniu z poprzednimi latami, ale czynniki nawozowe i ich interakcje nie miały istotnego wpływu na tę cechę. Warto zaznaczyć, że inne badania sugerują, że wartość energetyczna nasion lnu zależy również od ich wilgotności, gdzie suche nasiona (około 4% wody) mają wartość energetyczną na poziomie 12,85 MJ, podczas gdy nasiona z wyższą wilgotnością (do 17,21%) mają niższą wartość energetyczną, sięgającą 9,96 MJ [Singh i in. 2012].

Wielu badaczy podkreśla, że produkcja nasion lnu oleistego w krajach europejskich jest niezwykle zmienna [Diepenbrock i in., 1995; Bravi i Sommovigo, 1997; Cremaschi, 1997; Zubal, 2001; Stražil i Vorlíček, 2004; D'Antuono i Rossini, 2006]. Plonowanie formy oleistej lnu jest głównie uzależnione od warunków sezonu wegetacyjnego [Zajac i in., 2010] i może oscylować między $0,31$ a $0,51 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ [Zajac i in., 2005]. Bravi i Sommovigo [1997] wykazali, że plon nasion lnu jest silnie uzależniony od warunków pogodowych w okresie siewu, wschodów i dojrzwania roślin. z kolei Zajac i in. [2005] stwierdzili, że plonowanie formy oleistej lnu zależy głównie od długości sezonu wegetacyjnego i odmiany. Stražil i Vorlíček [2004] zwracają uwagę, że zmienność plonu nasion lnu oleistego w Czechach wynika zarówno z różnic w warunkach pogodowych między poszczególnymi latami, jak i zróżnicowania siedliska. w jednym miejscu plon nasion wahał się od $0,823$ do $2,757 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, a w innym miejscu od $0,431$ do $2,383 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

W trzech sezonach wegetacyjnych uzyskane plony nasion odmian oleistego lnu mieściły się w przedziale od 1,59 do $2,25 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Rok 2009, charakteryzujący się wysokimi opadami, przyczynił się do osiągnięcia najwyższego plonu nasion ($2,25 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$) w trzyletnim eksperymencie. Niższe plony odnotowałam w przypadku braku azotu w nawożeniu, podczas gdy wyższe osiągnęłam w kombinacji $\text{N}_3+\text{S}_1+\text{B}_1$ oraz $\text{N}_2+\text{S}_2+\text{B}_2$.

Kluczowym czynnikiem ograniczającym plonowanie lnu na nasiona jest dostępność azotu w ilości nie mniejszej niż $60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\text{N}$ [Bramm i Dambroth, 1992]. Zwiększenie dawki azotu o 5,8% w porównaniu z brakiem nawożenia obserwowane było po zastosowaniu takiej dawki przez Stražil i Vorlíček [2004]. Podwojenie dawki azotu przez Zajacą [2005] z 90 kg do $180 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\text{N}$ przyniosło wzrost plonu o 6,2%, a badania Granta i in. [1999] wskazały na optymalną dawkę azotu na poziomie $40 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\text{N}$.

Diepenbrock i Pörksen [1992] podkreślają, że wydajność nasion lnu oleistego znacznie zależy od wyboru odmiany. Czynniki genetyczne i badane czynniki nie wpływają istotnie na wielkość plonu nasion lnu oleistego. w badaniach Klimonta i in. [2014], porównujących trzy odmiany lnu oleistego (Oliwin, Jantarol, Szafir), wykazano istotne różnice w wielkości plonów, gdzie odmiana Jantarol osiągnęła najwyższy plon ($2,12 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Odmiana Oliwin uzyskała średnio $1,75 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, a w eksperymencie własnym wynik ten był o 6,4% wyższy. Porównując odmiany Oliwin, Szafir i Opal, w innym eksperymencie uzyskałam niższy plon odmiany Oliwin, na poziomie $1,19 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ [Wondołowska-Grabowska, 2011b].

Wyniki badań pokazują, że lata, odmiana i nawożenie znacząco wpływają na wydajność tłuszczu z hektara. Odmiana Oliwin pozwoliła na uzyskanie $833 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ tłuszczu, podczas gdy odmiana Opal $741 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (mniej o 11%). Wydajność tłuszczu wzrastała wraz z dawką nawożenia azotem, a najlepsze wyniki osiągnęłam przy nawożeniu dawką N_3 oraz niską dawką siarki ($30 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) i boru ($5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). w 2009 r. stwierdziłam wyższą wydajność tłuszczu ($981 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) i białka ($549 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) oraz nasiona o wyższej wartości energetycznej (275 MJ) niż w latach 2010 i 2011. Odmiana Opal, o ciemniejszych nasionach, cechowała się wyższą wydajnością białka (o $34 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) i wartością energetyczną (o 85 MJ) w porównaniu z odmianą Oliwin o jasnych nasionach.

Różne dawki nawożenia azotem, siarką i boru miały wpływ na wydajność tłuszczu, białka i wartości energetycznej nasion, z różnicą między najniższą a najwyższą dawką wynoszącą odpowiednio 11,5% i 11,8.

Zajac i in. [2002] stwierdzili stałość zawartości tłuszczu oraz kwasu oleinowego w nasionach niektórych odmian lnu oleistego, która nie ulegała zmianie pod wpływem czynników środowiskowych i miejsca uprawy. w badaniach własnych nie potwierdziłam tych doniesień. Wykazałam, że zawartość kwasów tłuszczowych w oleju lnianym jest uzależniona od warunków pogodowych w latach oraz czynnika genetycznego. w 2009 r. wysokie zawartości wykazywały: kwas kaprylowy (C8:0), kaprynowy (C10:0), palmitynowy (C16:0), arachinowy (C20:0), behenowy (C22:0) i lignocerynowy (C24:0) z grupy kwasów nasyconych, oraz oleinowy (C18:1), palmitooleinowy (C16:1) i erukowy (C22:1) z grupy kwasów nienasyconych. w 2011 r. wyższymi zawartościami w oleju charakteryzowały się: kwas laurynowy (C12:0), stearynowy (C18:0) i z grupy kwasów nienasyconych – linolenowy (C18:3) i erukowy (C22:1). Kwas linolowy (C18:2) i kwas palmitooleinowy (C16:1) uzyskiwały wyższe wartości w 2010 r. Wyniki te są zgodne z badaniami Wielebskiego i in. [2017]. w badaniach własnych stwierdziłam, że w niższych temperaturach (2011 r.) w oleju badanych odmian lnu oleistego zawartość wielonienasyconych kwasów, takich jak kwas linolowy i linolenowy, jest istotnie wyższa, podczas gdy w wyższych temperaturach (2012 r.) obserwuje się istotnie wyższą zawartość jednonienasyconego kwasu oleinowego.

Spośród kwasów tłuszczowych zawartych w nasionach lnu oleistego najwięcej występuje kwasu linolenowego, co potwierdzają wyniki badań Zajaca i in. [2002]. Podobne wyniki podają również inni autorzy, w tym Froment i Smith [1998], Piotrowska i Furowicz [1998] oraz Borowiec i in. [2001]. Zajac [2001] podkreśla, że wszystkie porównywane odmiany lnu oleistego charakteryzują się bardzo stabilną zawartością kwasów tłuszczowych nienasyconych (UFA). Jednakże, istnieją różnice istotne statystycznie w zawartości kwasu stearynowego (C18:0) między odmianami, z korzyścią dla odmiany Opal. w przeprowadzonym doświadczeniu średnia zawartość kwasu linolenowego i oleinowego w sumie kwasów ogółem wynosiła odpowiednio 60,1%

i 16,7%. Odmiana Opal charakteryzowała się wyższym poziomem kwasu oleinowego o 1,83% i niższym o 11,4 punktu procentowego kwasu linolenowego w porównaniu do odmiany Oliwin. Jasnonasienna odmiana Oliwin miała większą zawartość kwasu behenowego, erukowego, kaprynowego i palmitooleinowego.

Nie wykazałam wpływu nawożenia na skład kwasów tłuszczowych w nasionach lnu oleistego. Jednakże badania innych autorów [Wielebski i in. 2017] wskazują na niewielki wpływ nawożenia azotem i siarką na udział kwasów tłuszczowych w oleju odmian lnu oleistego.

Na podstawie przeprowadzonego eksperymentu ustaliłam istotne statystycznie związki pomiędzy zawartością tłuszczu a poziomem kwasu linolenowego, przy czym był to związek dodatni, oraz pomiędzy poziomem kwasu linolowego, kwasu oleinowego i kwasu stearynowego, gdzie te związki były ujemne. Nie stwierdziłam natomiast istotnych korelacji w przypadku kwasu palmitynowego.

Podział kwasów tłuszczowych nasyconych nie wykazywał istotnych różnic pod wpływem badanych czynników ani ich interakcji. Warto dodać, że odmiana o jasnych nasionach charakteryzowała się wyższym poziomem nienasyconych kwasów tłuszczowych o długim łańcuchu (NNKT), podczas gdy odmiana ciemnonasienna miała wyższą zawartość jednonienasyconych kwasów tłuszczowych (MUFA). Nawożenie nie wpływało istotnie na zawartość kwasów tłuszczowych nasyconych, jednonienasyconych i NNKT, ale stwierdziłam interakcję odmiana x lata.

Suma kwasów nienasyconych osiągnęła średnią wartość wynoszącą około 91,8%, a stosunek kwasów nasyconych do nienasyconych wynosił 1:11,3. Warto również zauważyć, że czynnik klimatyczny wpłynął na proporcje pomiędzy kwasem C18:2 (n-6) a C18:3 (n-3), które były mniej korzystne w 2010 roku.

W oparciu o współczynniki korelacji ustaliłam również związki pomiędzy zawartością różnych kwasów tłuszczowych w oleju lnianym. Zawartość kwasu linolowego wykazywała dodatnią korelację z zawartością kwasu stearynowego, ale negatywną z kwasem kaprylowym, kwasem linolenowym i kwasem lignocerynowym. Stwierdziłam również istotną ujemną korelację między kwasem oleinowym a kwasem linolenowym. Podobne zależności między kwasem oleinowym a kwasem linolenowym zaobserwowali również inni badacze w badaniach z lnem oleistym [Wielebski i in. 2017] i rzepakiem [Wójtowicz 2013]. Udowodniłam, że spośród wszystkich zmiennych w największym stopniu kwas palmitynowy, kwas oleinowy oraz kwas linolowy opisują zależność z kwasem linolenowym i w każdym z tych przypadków wzrost ich zawartości będzie wiązał się ze spadkiem zawartości kwasu linolenowego.

4.8. Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonego 3-letniego doświadczenia polowego z lnem oleistym wykazałam, że:

- jego wzrost i rozwój są uzależnione od zmiennych warunków atmosferycznych w latach. W rejonie Dolnego Śląska, najwyższy plon ziarna lnu oleistego zanotowano w ciepłym i umiarkowanie wilgotnym 2009 r., w którym w okresie wegetacji roślin suma opadów wynosiła 431 mm, a suma temperatur powietrza wynosiła 2483°C;

- odmiana Opal o ciemnych nasionach cechuje się wyższym plonem słomy, zarówno z nasionami jak i bez nasion, w porównaniu do odmiany Oliwin;
- odmiana Oliwin o jasnych nasionach wyróżniła się większą liczbą rozgałęzień, torebek na roślinie i nasion w torebce, a odmiana Opal o ciemnych nasionach cechowała się większą
- większy wpływ na skład chemiczny nasion lnu oleistego miały warunki atmosferyczne w latach badań niż odmiana i zróżnicowane nawożenie roślin;
- zawartość makroelementów w nasionach lnu oleistego, obliczona na podstawie średnich wyników z trzech lat badań, spadała w kolejności: azot > potas > fosfor > magnez > wapń. Zawartość azotu wynosiła $41,7 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, potasu $5,32 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, fosforu $5,08 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, magnezu $3,58 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ i wapnia $1,31 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$.
- na nizinnych obszarach Dolnego Śląska optymalną kombinacją nawozową okazała się dawka $60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ N} + 30 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ S} + 5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ B}$, co pozwoliło na uzyskanie wysokiego plonu nasion oraz znacznej ilości tłuszczu, białka i energii na jednostkę powierzchni;
- zawartość wszystkich oznaczonych kwasów tłuszczowych, z wyjątkiem kwasu C14:0, ulegała zmianom w zależności od warunków atmosferycznych w trakcie badań. Lata ciepłe i umiarkowanie wilgotne (2009 i 2011) wpłynęły pozytywnie na stosunek kwasu C18:2 (n-6) do C18:3 (n-3);
- kombinacje nawozów wpływały na zawartość tłuszczu w nasionach lnu, ale nie miały istotnego wpływu na skład kwasów tłuszczowych w oleju. Zmiany w składzie kwasów były bardziej widoczne w zależności od roku badań oraz odmiany;
- badane czynniki nie miały wpływu na zawartość w oleju nasyconych kwasów tłuszczowych (SFA) i stosunek kwasów nasyconych do nienasyconych. Odmiana Oliwin o jasnych nasionach zawierała więcej kwasu palmitooleinowego oraz niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych (NNKT - PUFA), szczególnie kwasu linolenowego, podczas gdy ciemne nasiona odmiany Opal były bogatsze w kwas stearynowy oraz jednonienasycone kwasy tłuszczowe (MUFA), zwłaszcza kwas oleinowy.

Współczesne rolnictwo stawia sobie za cel uzyskiwanie wysokich plonów surowca o dobrej jakości. Wyniki przeprowadzonych badań znacząco poszerzają wiedzę, w jaki sposób nawożenie azotem (N), siarką (S) i borem (B) wpływa na zawartość tłuszczu i skład kwasów tłuszczowych w nasionach lnu oleistego, istotnych z punktu widzenia żywienia ludzi, jak i zwierząt. Wyniki badań znacząco poszerzają wiedzę na temat możliwości wykorzystania rodzimych gatunków do produkcji oleju o wysokiej jakości i optymalnym składzie chemicznym. Na podstawie przeprowadzonych badań wykazałam, że w nizinnym rejonie Dolnego Śląska za racjonalną kombinację nawozową, w uprawie lnu oleistego, można uznać $60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ N} + 30 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ S} + 5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ B}$, która pozwala na uzyskanie wysokiego plonu nasion i wysokiej wydajności tłuszczu, białka i wartości energetycznej z jednostki powierzchni. Do optymalizacji produkcji tego gatunku skłaniają rolników oczekiwania konsumentów, jak i wymogi wynikające ze strategii Europejskiego Zielonego Ładu oraz upowszechniania zrównoważonych praktyk rolniczych. Wyniki moich doświadczeń są również wskazaniem dla producentów rolnych, jak pozyskiwać surowiec do produkcji oleju o składzie chemicznym korzystnym pod względem technologicznym i zdrowotnym. Wiedza ta może być również przydatna dla hodowców nowych odmian lnu w kreowaniu genotypów o pożądanym profilu kwasów tłuszczowych w oleju, istotnych z żywieniowego punktu widzenia.

4.8.1. Bibliografia

1. Amin T., Thakur M., 2014. *Linum usitatissimum* L. (flaxseed)–a multifarious functional food. Online Int. Interdiscip. Res. J., IV, 220–238.
2. Andruszewska A., Byczyńska M., 2005. Odporność odmian lnu oleistego z kolekcji Instytutu Włókien Naturalnych na wędnięcie fuzaryjne. Rośl. Oleiste - Oilseed Crop., XXVI, 185–192.
3. Andruszewska A., Langner K., Byczyńska M., 2001. Zwiększenie opłacalności i uprawiania lnu w Polsce przez zastosowanie wybranych fungicydów i nawozów mineralnych. Prog. Plant Prot., 41, 791–794.
4. Antoniewicz J., Zając T., 2005. Zawartość i pobranie makroelementów przez len oleisty (*Linum usitatissimum* L.) w zależności od fazy rozwojowej i części rośliny. J. Elem., 10, 5–15. doi:10.1017/CBO9781107415324.004
5. Aufhammer W., Wagner W., Kaul H., Kubler E., 2000. Strahlungsutzung durch Bestände olreicher Kornerfruchtarten - Winterraps, allein und Sonnenblume in Vergleich. J. Agron. Crop Sci., 184, 277–286.
6. Aziza A.E., Panda A.K., Quezada N., Cherian G., 2013. Nutrient digestibility, egg quality, and fatty acid composition of brown laying hens fed camelina or flaxseed meal. J.Appl. Poult. Res., 22, 832–841.
7. Barowicz T., Brejta W., 2000. Modyfikowanie walorów dietetycznych mięsa wołowego czynnikami żywieniowymi. Roczn. Nauk Zootech., 6, 15–19.
8. Barowicz T., Brzóska F., Pietras M., Gasior R., 1997. Hypocholesterolemic effect of linseeds added to fattened pig diet. Med. Weter., 53, 164–167.
9. Barowicz T., Brzóska F., Pietras M., Gąsior R., 1997. Skład kwasów tłuszczowych w mięśni najdłuższym tuczników żywionych dawkami z udziałem pełnych nasion lnu. Roczn. Nauk Zootech., 2, 84–87.
10. Barteczko J., Borowiec F., Migdał W., 2001. Efektywność żywienia brojlerów mieszankami z udziałem nasion różnych genotypów lnu oleistego. Rośl. Oleiste - Oilseed Crop., 22, 173–181.
11. Barylski M., Banach M. K.J., 2009. Wielonienasycone kwasy tłuszczowe omega-3 w profilaktyce choroby niedokrwiennej serca, czyli dlaczego Eskimosi rzadko mają zawał. Kardioprofil, 5(32), 295–308.
12. Bhatthana S., Ali A., Haudenschild C., Latham P., Ranich T., Mohamed A.T., Hansen C., Velasquez M., 2003. Dietary flaxseed meal is more protective than soy protein concentrate against hypertriglyceridemia and steatosis of the liver in an animal model of obesity. J. Am. Coll. Nutr., 17, 789–810.
13. Bhattacharya A., Banu J., Rahman M., Causey J., Fernandes G., 2006. Biological effects of conjugated Linoleic acids in health and disease. J. Nutr. Biochem., 17, 789–810.
14. Białek A., Tokarz A., Wiśniowska A., 2009. Wpływ różnorodnych czynników dietetycznych na zawartość kwasu żwaczowego (cis-9, trans-11 CLA) i profil kwasów tłuszczowych w surowicy szczurów. Bromat. Chem. Toksykol., XLII, 945–949.
15. Blevins D.G., Lukaszewski K.M., 1998. Boron in plant structure and function. Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol., 49, 36–41.
16. Bocianowski J., Praczyk M., 2013a. Badanie zmienności fenotypowej genotypów lnu oleistego (*Linum usitatissimum* L.) za pomocą statystycznych metod wielowymiarowych. Rośl. Oleiste - Oilseed Crop., 34, 279–287. doi:10.5604/12338273.1101409
17. Bocianowski J., Praczyk M., 2013b. Analiza współzależności między plonem nasion a cechami ilościowymi lnu oleistego (*Linum usitatissimum* L.). Rośl. Oleiste - Oilseed Crop., 34, 267–278. doi:10.5604/12338273.1101407
18. Borkowska T., 2011. Wpływ dodatku nasion lnu do paszy zwierząt rzeźnych na zawartość cholesterolu w mięsie. Postępy Nauk. i Technol. Przem. Rolno-Spożywczego, 66, 44–52.
19. Borowiec F., Zając T., Kowalski Z.M., Miek P., Marciński M., 2001. Comparison of nutritive value of new commercial linseed oily cultivars for ruminants. J.Anim.Feed Sci., 10, 301–308.
20. Bramm A., Dambroth M., 1992. Influence of genotype, crop density and nitrogen fertilization on the yield capacity of linseed. Landbauforschung-Voelkenrode, 42, 193–198.
21. Bravi R., Sommovigo A., 1997. Seed production and certification of flax linseed [*Linum usitatissimum* L.]. Sementi-Elette, 43, 5–8.
22. Brejta W., Brzóska F., Barowicz T., 1998. Skład kwasów tłuszczowych w mięśni najdłuższym buhajków żywionych dawkami z udziałem nasion lnu. Rośl. Oleiste - Oilseed Crop., 19, 337–342.
23. Cantwell M.M., 2000. Assessment of individual fatty acid intake. Proc. Nutr. Soc., 59, 187.
24. Chin S.F., Liu W., Storkson J.M., Ha Y.L. P.M.W., 1992. Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a new recognized class of anticarcinogens. J. Food Comp. Anal., 5, 185–197.

25. Choo W.S., Birch J., Dufour J.P., 2007. Physiochemical and quality characteristics of cold-pressed flaxseed oils. *J. Food Comp. Anal.*, 20, 202–211.
26. Connor W. E., 1999. α -Linolenic acid in health and disease. *Am. J. Clin. Nutr.*, 69, 827–828.
27. Cremaschi D., 1997. Flax and linseed [*Linum usitatissimum* L.]. Introduction to the crop and main agronomic aspects of the seed productivity. *Sementi-Elette*, 43, 25–31.
28. Czuba R., 1986. Nawozy mikroelementowe w produkcji roślinnej. PWR, Warszawa.
29. Czuba R., Mazur T., 1988. Wpływ nawożenia na jakość plonów. PWN, Warszawa.
30. Czuba R., Sztuder H., Świerczewska M., 1999. Efekty dolistnego dokarmiania roślin uprawnych cz. IV. Reakcja roślin na dolistne stosowanie magnezu łącznie z mikroelementami oraz magnezu, azotu i mikroelementów w zabiegu łączonym. *Rocz. Gleb.*, 50, 47–59.
31. D'Antuono L.F., Rossini F., 1995. Experimental estimation of linseed (*Linum usitatissimum* L.) crop parameters. *Ind. Crops Prod.*, 3, 261–271.
32. D'Antuono L.F., Rossini F., 2006. Yield potential and ecophysiological traits of the Altamura linseed (*Linum usitatissimum* L.), a landrace of southern Italy. *Genet. Resour. Crop Evol.*, 53, 65–75.
33. Da Silva W.A., Elias A.H.N., Aricetti J., A., Sakamoto M.I., Murakami A.E., Gomes S.T.M., Visentainer J.V., do Souza N.E. M.M., 2009. Quail egg yolk (*Coturnix coturnix* Japonia) enriched with-omega-3 fatty acid. *Food Sci. Technol.*, 42, 660–663.
34. Dembiński F., 1975. Rośliny oleiste., PWRiL. ed. Warszawa.
35. Diepenbrock W., Leon J., Clasen K., 1995. Yielding ability and yield stability of linseed in Central Europe. *Agron. J.*, 87, 84–88.
36. Diepenbrock W., Pörksen N., 1992. Effect of stand establishment and nitrogen fertilization on yield and yield physiology of linseed (*Linum usitatissimum* L.). *Ind. Crops Prod.*, 1, 165–173.
37. Dobrzański H., Zawadzki S., 1995. Gleboznawstwo, PWRiL. ed. Warszawa.
38. Dribnenki J.C.P., Green A.G., 1995. LinolarM “947” low linolenic acid flax. *Can. J. Plant Sci.*, 201–202.
39. Easson D.L., Molloy R.M., 2000. A study of the plant, fibre and seed development in flax and linseed (*Linum usitatissimum* L.) grown at a range of seed rates. *J. Agric. Sci.*, 135, 361–369.
40. Engler M.M., Engler M.B., 2006. Omega-3 fatty acids: role in cardiovascular health and disease. *Title. J. Cardiovasc. Nurs.*, 21, 17–24.
41. FAOSTAT. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/30.10.2018/>.
42. Flénet F., Guérif M., Boiffin J., Dorvillez D., Champolivier L., 2006. The critical N dilution curve for linseed (*Linum usitatissimum* L.) is different from other C3 species. *Eur. J. Agron.*, 24, 367–373.
43. Froment M.A., Smith J.M. T.D., 1998. Fatty acids profiles in the seed oil of linseed and fibre flax cultivars (*Linum usitatissimum* L.) grown in England and Scotland. *Tests of Agrochemicals and Cultivars. Ann. appl. Biol.*, 132, 60–61.
44. Gambuś H., 2005. Nasiona lnu oleistego (*Linum usitatissimum* L.) jako źródło składników odżywczych w chlebie bezglutenowym. *Żywn. Nauk. Technol. Jakość*, 4, 61–74.
45. Gambuś H., 2005. Nasiona lnu oleistego (*Linum usitatissimum* L.) jako źródło składników odżywczych w chlebie bezglutenowym. *Żywn. Nauk. Technol. Jakość*, 4, 61–74.
46. Gambuś H., Borowiec F., Zajac T., 2003. Chemical composition of linseed with different colour of bran layer. *Polish J. Food Nutr. Sci.*, 12/53, 67–70.
47. Gambuś H., Mikulec A., Gambuś F., Pisulewski P., 2004. Perspectives of linseed utilisation in baking. *Polish J. Food Nutr. Sci.*, 13/54, 21–27.
48. Gambuś H., Mikulec A., Pisulewski P., Borowiec F., Zajac T., Kopeć A., 2001. Hipocholesterolemiczne właściwości chleba z nasionami lnu oleistego. *Żywn. Nauk. Technol. Jakość*, 3, 54–65.
49. Ganorkar P.M., Jain R.K., 2013. Flaxseed - a nutritional punch. *Int. Food Res. J.*, 20, 519–525.
50. Ganorkar P.M., Jain R.K., 2013. Flaxseed - a nutritional punch. *Inter*, 20, 519–525.
51. Gertig H., Przysławski J., 1994. Rola tłuszczów w żywieniu człowieka. *Żyw. Człow. Metab.*, 21, 375–388.
52. Givens D.I., Cottrill B.R., Davies M., Lee P.A., Mansbridge R.J., Moss A.R., 2000. Sources of n-3 polyunsaturated fatty acids additional to fish oil for livestock diets - a review. *Nutr. Abstr. Rev.*, 70, 1–19.
53. Gomez-Alonso S., Fregapane G., Salvador M.D., Gordon M.H., 2003. Changes in phenolic composition and antioxidant activity of virgin olive oil during frying. *J. Agric. Food Chem.*, 51, 667–672.

54. Grant C.A., Dribnenki J.C.P., Bailey L.D., 1999. a comparison of the yield response of solin (cv. Linola 947) and flax (cvs. McGregor and Vimy) to application of nitrogen, phosphorus, and Provide (*Penicillium bilaji*). *Can. J. Plant Sci.*, 79, 527–533.
55. Green A.G., Marshall D.R., 1984. Isolation of induced mutants in linseed (*Linum usitatissimum*) having reduced linolenic acid content. *Euphytica*, 33, 321–328.
56. Gumiński R., 1951. *Meteorologia i klimatologia dla rolników.*, PWRiL. ed. Warszawa.
57. GUS <http://stat.gov.pl/12.02.2019/>.
58. Heidarabadi M.D., Ghanati F., Fujiwara T., 2011. Interaction between boron and aluminum and their effects on phenolic metabolism of *Linum usitatissimum* L. roots. *Plant Physiol. Biochem.*, 49, 1377–1383.
59. Heller K., Adamczewski K., 2010. Wpływ wybranych warunków pogodowych na stan i stopień zachwaszczenia łanu lnu włóknistego. *Fragm. Agron.*, 27, 63–69.
60. Heller K., Andruszewska A., Wielgusz K., 2010. The cultivation of linseed by ecological methods. *J. Res. Appl. Agric. Eng.*, 55, 112–116.
61. Heller K., Praczyk M., 2007. Ocena rozwoju osobniczego (ontogenezy) chwastów w łanie lnu włóknistego. *Ann. Univ. Mariae Curie -Skłodowska Lublin – Pol.*, LXII, 70–81.
62. Hocking P.J., 1995. Effects of nitrogen supply on the growth, yields components and distribution of nitrogen in Linola. *J. Plant Nutr.*, 18, 257–275.
63. Izsaki Z., 1998. Nitrogen requirement of linseed with special regard to yield quantity and quality. *Bibl. Fragn. Agron.*, 3, 171–175.
64. Jelińska M., 2005. Kwasy tłuszczowe – czynniki modyfikujące procesy nowotworowe. *Biul. Wydz. Farm. AMW*, 1, 1–14.
65. Jelińska M.S., Tokarz A., Olędzka R., Czorniuk-Śliwa A., 2003. Effects of dietary linseed, evening primrose or fish oils on fatty acid and prostaglandin E2 contents in the rat livers and 7,12-dimethylbenz[a]anthracene-induced tumours. *Biochim. Biophys. Acta - Mol. Basis Dis.*, 1637, 193–199.
66. Jhala A.J., Hall L.M., 2010. Flax (*Linum usitatissimum* L.): Current Uses and Future Applications. *Aust. J. basic Appl. Sci.*, 4, 4304–4312.
67. Jimenez-Colmenero F., Carball J., Cofrades S., 2001. Healthier meat and meat products: their role as functional foods. *Meat Sci.*, 59, 5–13.
68. Kaczorowska Z., 1977. *Pogoda i klimat.*, WSiP. ed. Warszawa.
69. Kadar I., Lukach D., Laszlo S., 2004. Effects of nutrient supplies on the yield, quality and element uptake of flaxseed oil. *Agrokem. Talajtan.*, 53, 55–74.
70. Kasote D.M., 2013. Flaxseed phenolics as natural antioxidants. *Int. Food Res. J.*, 20, 27–34.
71. Klimek-Kopyra A., Zajac T., Micek P., Borowiec F., 2013. Effect of mineral fertilization and sowing rate on chemical composition of two linseed cultivars. *J. Agric. Sci.*, 5, 224–229.
72. Klimont K., Bulińska-Radomska Z., Górka J., Woś H., 2014. Ocena przydatności wybranych gatunków jarych roślin oleistych do uprawy na rekultywowanym gruncie wapna poflotacyjnego. *Biul. Instytutu Hod. i Aklim. Roślin*, 153–164.
73. Kolanowski W., 1998. Czy deficyt kwasów tłuszczowych omega-3 w diecie wpływa na zachowanie? *Żywność. Żywnienie a Zdr.*, 1, 56–59.
74. Kolanowski W., Świdorski F., 1997. Wielonienasycone kwasy tłuszczowe z grupy n-3 (n-3 PUFA). Korzystne działanie zdrowotne, zalecenia spożycia, wzbogacanie żywności. *Żywnienie i Metab.*, XXIV, 2.
75. Kozłowska-Strawska J., Kaczor A., 2003. Zawartość siarki całkowitej i siarczanowej w roślinach nawożonych różnymi formami azotu i potasu. *Nawozy i nawożenie*, 4, 216.
76. Kris-Etherton P.M., 1999. AHA science advisory: monounsaturated fatty acids and risk of cardiovascular disease. *J. Nutr.*, 129, 2284–2284.
77. Kritchevsky D., 2000. Antimutagenic and some other effects of conjugated linoleic acid. *Brit. J. Nutr.*, 83, 459.
78. Lawson R.E., Moss A.R. G.D.I., 2001. The role of dairy products in supplying conjugated linoleic acid to man's diet: a review. *Nutr. Res. Rev.*, 14, 153–172.
79. Lemcke-Norjörvi M., Kamal-Eldin A., Appelqvist L.A., Dimberg L.H., Öhrvall M., Vessby B., 2001. Corn and sesame oils increase serum γ -tocopherol concentrations in healthy Swedish women. *J. Nutr.*, 131, 1195–1201.
80. Logan A. C., 2004. Omega-3 fatty acids and major depression: a primer for the mental health professional. *Lipids Heal. Dis.*, 9(3), 25.

81. Lorenc-Kukuła K., Amarowicz R., Oszmiański J., Doermann P., Starzycki M., Skała J., Żuk M., Szopa J., Kulma A., 2005. Pleiotropic effect of phenolic compounds content increases in transgenic flax plant. *J. Agr. Food Chem.*, 53, 3685–3692.
82. Łukaszewicz M., Szopa J., Krasowska A., 2004. Susceptibility of lipids from different flax cultivars to peroxidation and its lowering by added antioxidants. *Food Chem.*, 88, 225–231.
83. Mantzioris E., Cleland L.G., Gibson R.A., Neumann M.A., Demasi M., James M.J., 2000. Biochemical effects of a diet containing foods enriched with n-3 fatty acids. *Am. J. Clin. Nutr.*, 72, 42–48.
84. Manukumar H.M., Prathima V.R., Lokesh S., Goutham G., Suresha S., 2014. Impact of partial defatting on nutritional, mineral, functional properties and effect of solvents to evaluate in-vitro antioxidant, anti-diabetic potentiality from flaxseed (*Linum usitatissimum*). *World J. Pharm. Pharm. Sci.*, 3, 1406–1427.
85. Marciniak-Łukasiak K., 2011. Rola i znaczenie kwasów tłuszczowych omega-3. *Zywn. Nauk. Technol. Jakosc/Food. Sci. Technol. Qual. Nauk. Technol. Jakosc/Food. Sci. Technol. Qual.*, 6(79), 24–35.
86. Materac E., Marczyński Z. B.K.H., 2013. Rola kwasów tłuszczowych omega-3 i omega-6 w organizmie człowieka. *Bromat. Chem. Toksykol., XLCVI (2)*, 225–233.
87. Matras J.A.N., Klebaniuk R., Kowalczyk-Vasilev E., Kowski M., 2013. Effect of the variety of linseed and its form (rolled or extruded) in dairy cow diets on nutrient digestibility. *Ann. Univ. Mariae Curie -Skłodowska Lublin – Pol.*, XXXI, 30–38.
88. Michalec-Dobjaja J., Pietras M., Barowicz T., 1999. Wpływ dodatku pełnotłustych nasion lnu na skład kwasów tłuszczowych oraz walory smakowe mięsa jagnięcego. *Zesz.Nauk. PTZ Prz.Hod.*, 43, 389–391.
89. Mińkowski K., Kalinowski A., Krupska A., 2014. Effect of seed preparation method and seed mass choking in expeller press on pressing parameters and quality characteristics of flax oil. *Food.Science.Technology.Quality*, 4(95), 75–87.
90. Mohamed D.A., El-Hariri D.M., Al-okbi S.Y., 2005. Impact of feeding bread enriched with flaxseed on plasma profile of hyperlipidemic rats. *Polish J. Food Nutr. Sci.*, 14/55, 431–436.
91. Molga M., 1980. *Meteorologia rolnicza*. PWRiL, Warszawa, 26-56.
92. Molga M., 1986. *Podstawy klimatologii rolniczej*. PWRiL, Warszawa, 34-543.
93. Murawa D., Adomas B., Rotkiewicz D., 1997. Olej i białko nasion rzepaku jarego ze zbioru 1996 w zależności od stosowanych herbicydów. *Rośl. Oleiste – Oilseed Crop.*, XVIII(2), 408–413.
94. Nettleton J. A., 1995. *Omega-3 fatty acids and health*. Chapman & Hall, New York.
95. Noguchi M., Rose D.P., Earashi M. M.I., 1995. The role of fatty acids and eicosanoid synthesis inhibitors in breast carcinoma. *Rev. Oncol.*, 52, 265–271.
96. Nowak Z.J., 2009. Wielonienasycone kwasy tłuszczowe omega-3 w siatkówce i praktyce medycznej – blaski i cienie. *Mag. Lek. Okulisty*, 3(4), 208–220.
97. Olejnik D., Gogolewski M., Nogala-Kałużka M., 1997. Isolation and some properties of plastochromanol-8. *Nahrung/Food*, 2, 101–104.
98. Ostasz L., Kondratowicz-Pietruszka E., 2011. Charakterystyka kwasów tłuszczowych omega-3 oraz ocena poziomu wiedzy o ich działaniu zdrowotnym. *Zesz. Nauk. Towarozn. Uniw. Ekon. w Krakowie*, 874, 139–161.
99. Ostasz L., Kondratowicz-Pietruszka E., 2011. Charakterystyka kwasów tłuszczowych omega-3 oraz ocena poziomu wiedzy o ich działaniu zdrowotnym. *Zesz. Nauk. Towarozn. Uniw. Ekon. w Krakowie*, 874, 139–161.
100. Pavlov A., Paynel F., Rihouey C., Porokhvinova E., Brutch N., Morvan C., 2014. Variability of seed traits and properties of soluble mucilages in lines of the flax genetic collection of Vavilov Institute. *Plant Physiol. Biochem.*, 80, 348–61.
101. Pieńkowska H., Smyk B., Zadernowski R., 1999. Spektralne właściwości bioolejów otrzymanych z nasion wybranych roślin alternatywnych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 468, 405–413. doi:10.1017/CBO9781107415324.004
102. Pieńkowska H., Smyk B., Zadernowski R., 1999. Spektralne właściwości bioolejów otrzymanych z nasion wybranych roślin alternatywnych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 468, 405–413. doi:10.1017/CBO9781107415324.004
103. Piotrowska A., Furowicz B., 1998. Postęp w hodowli jasnonasiennego lnu oleistego. *Progress in breeding of yellowseed linseed. Rośl. Oleiste*, XIX, 641–643.
104. Piotrowska A., Furowicz B., 1998. Postęp w hodowli jasnonasiennego lnu oleistego. *Progress in breeding of yellowseed linseed. Rośl. Oleiste*, XIX, 641–643.

105. Poiša L., Adamovičs A., 2012. The assessment of linseed variety "Scorpion" for suitability for biofuel production. *Renew. Energy Energy Effic.*, 73–78.
106. Praczyk M., Bocianowski J., Silska G., 2010. Analiza zmienności wybranych cech ilościowych w kolekcji lnu włóknistego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 555, 339–345.
107. Praczyk M., Silska G., 2013. Analiza zmienności i sposobu dziedziczenia komponentów struktury plonu lnu włóknistego (*Linum usitatissimum* L.). *Biul. Instytutu Hod. i Aklim. Roślin*, 173–182.
108. Pudelko K., Mańkowski J., Kołodziej J., 2014. Cultivation of fiber and flaxseed oil (*Linum usitatissimum* L.) In no-tillage and conventional systems. Part II. Influence of no-tillage and use of herbicides on yield and weed infestation of flaxseed oil and the physical and biological properties of the soil. *J. Nat. Fibers*, 12, 72–83. doi:10.1080/15440478.2014.897669
109. Radomski C., 1987. *Agrometeorologia*, PWN. ed. Warszawa.
110. Ramsden C.E., Hibbeln J.R., Majchrzak S.F., Davis J.M., 2010. n-6 fatty acid-specific and mixed polyunsaturate dietary interventions have different effects on CHD risk: a meta-analysis of randomised controlled trials. *Br. J. Nutr.*, 104, 1586–1600. doi:10.1017/S0007114510004010
111. Roche H.M., 1999. Unsaturated fatty acids. *Proc. Nutr. Soc.*, 58, 397.
112. Rose D.P., Connolly J.M., 1991. Effects of fatty acids and eicosanoid synthesis inhibitors on the growth of two human prostate cancer cell lines. *Prostate*, 18, 243–54.
113. Rosochacki S.J., Baranowski A., Klewec J., Juszczuk-Kubiak E., Połozynowicz J., Wicińska K., 2006. a note on the protein metabolism in lambs fed the diet supplemented with bioplex and linseed or linseed oil. *Animmal Sci. Rap.*, 24, 27–37.
114. Rowland G.G., 1991. An EMS-induced low-linolenic-acid mutant in McGregor flax (*Linum usitatissimum* L.). *Can. J. Plant Sci.*, 71, 393–396.
115. Rowland G.G., Bhatly R.S., 1990. Ethyl Methanesulphonate Induced Fatty Acid Mutations in Flax 67, 213–214.
116. Saeidi G., Rowland G.G., 1999. Seed colour and linolenic acid effects on agronomic traits in flax. *Can. J. Plant Sci.*, 79, 521–526. doi:10.1016/j.gene.2012.10.040
117. Schmuck A., 1959. *Zarys klimatologii Polski*. Warszawa.
118. Schmuck A., 1960. Rejonizacja pluwiometryczna Dolnego Śląska. *Zesz. Nauk. WSR we Wrocławiu*, 5, 3–13.
119. Siger A., Nogala-Kałucka M., Lampart-Szczapa E., Hoffman A., 2005. Antioxidant activity of phenolic compounds of selected cold-pressed and refined plant oils. *Oilseed Crop.*, XXVI, 549–560.
120. Silska G., Praczyk M., 2013. Deskryptory charakterystyki i waloryzacji Międzynarodowej Bazy Danych Lnu. *Biul. Instytutu Hod. i Aklim. Roślin*, 268, 161–171.
121. Siminska E., Borys B., Bernacka H., 2011. Wpływ żywienia jagniąt makuchem słonecznikowym i nasionami lnu bez lub z dodatkiem witaminy E na profil kwasów tłuszczowych mięsa, wątroby i serca. *Żywn. Nauk. Technol. Jakość*, 1, 39–51.
122. Simopoulos A.P., 1994. Fatty acids [In:] Goldberg *Functional foods: designer foods, pharmafoods, nutraceuticals*, in: Goldberg, I. (Ed.), *Goldberg Functional Foods: Designer Foods, Pharmafoods, Nutraceuticals*. New York.
123. Simopoulos A.P., 1999. Essential fatty acids in health and chronic disease. *Am. J. Clin. Nutr.*, 70, 560S–569S.
124. Simopoulos A.P., 2001. Evolutionary aspects of diet, essential fatty acids and cardiovascular disease. *Suppl.*, 3, 8–21. *Eur. Hear. J.*, 3, 8–21.
125. Singh K.K., Mridula D., Barnwal P., Rehal J., 2012. Physical and chemical properties of flaxseed. *Int. Agropysics*, 26, 423–426. doi:10.2478/v10247-012-0060-4
126. Skwierawska M., 2011. Effect of different sulfur doses and forms on the content of sulfur and available potassium in soil. *J. Elem.*, 261–274. doi:DOI: 10. 1560 /jelem.2011.16.2.10
127. Skwierawska M., Zawartka L., Skwierawski A., Nogalska A., 2012. The effect of different sulfur doses and forms on changes of soil heavy metals. *Plant Soil Environ.*, 58, 135–140.
128. Spasibionek S., 2002. Znaczenie mutagenezy w tworzeniu nowych genotypów roślin oleistych o zmienionym składzie kwasów tłuszczowych. *Rośl. Oleiste*, XXIII, 533–545.
129. Stanley J. H.K., 2001. The wonder nutrient. *Chem. Ind.*, 19th Nov, 729–731.
130. Strączyński J., Andruszczak E., 1996. Wpływ stopni zanieczyszczenia gleb miedzią i ołowiem na zawartość pierwiastków śladowych w wybranych gatunkach roślin uprawnych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 434, 901–907.
131. Strączyński S., Strączyńska S., 2007. Zawartość ołowiu w wybranych gatunkach roślin uprawianych w rejonie oddziaływania hutnictwa miedzi. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 520, 257–263.

132. Stražil Z., Vorlíček Z., 2004. Effect of soil and weather conditions and some agricultural practices on yield and yield components in linseed (*Linum usitatissimum* L.). *Sci. Agric. Bohem.*, 35, 52–56.
133. Szkolnik M., 1980. Mikroelementy w życiu roślin. PWRiL, Warszawa.
134. Szukalski H., 1979. Mikroelementy w produkcji roślinnej. PWRiL, Warszawa.
135. Tsai W.S., Nagawa H., Kaizaki S., Tsuruo T. M.T., 1998. Inhibitory effects of n-3 polyunsaturated fatty acids on sigmoid colon cancer transformants. *J. Gastroenterol.*, 33, 206–212.
136. Tsyganov A., Kukresh S., 2002. Efficacy of microelement applied to fibre flax. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 484, 719–724.
137. Tsyganov A., Vildflush I., Kukresh S., Khodyankova S., 2000. Effects of macro- and microfertilizers soil reaction and fertility on yields and quality of long-fibre flax in rotation. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 456, 101–108.
138. Tuberoso I.G., Kowalczyk A., Sarritzu E., Cabras P., 2007. Determination of antioxidant compounds and antioxidant activity in commercial oilseeds for food use. *Food Chem.*, 103, 1494–1501.
139. Turley E., Strain J.J., 1993. Fish oil, eicosanoid biosynthesis and cardiovascular disease, an overview. *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 2, 145.
140. Turner J.A., 1991. Linseed plant populations relative to cultivar and fertility. *Asp. Appl. Biol. Prod. Prot. Linsed*, 28, 41–48.
141. Turner T.D., Aalhus J.L., Mapiye C., Rolland D.C., Larsen I.L., Basarab J.A., Baron V.S., McAllister T.A., Block H.C., Uttaro B., Dugan M.E.R., 2015. Effects of diets supplemented with sunflower or flax seeds on quality and fatty acid profile of hamburgers made with perirenal or subcutaneous fat. *Meat Sci.*, 99, 123–131. doi:10.1016/j.meatsci.2014.08.006
142. Ulbricht, T. L. V., Southgate, D. A. T., 1991. Coronary heart disease: Seven dietary factors. *Lancet*, 338, 985–992.
143. Villeneuve S., Des Marchais L.P., Gauvreau V., Mercier S., Do C.B., Arcand Y., 2013. Effect of flaxseed processing on engineering properties and fatty acids profiles of pasta. *Food Bioprod. Process.*, 91, 183–191. doi:10.1016/j.fbp.2012.09.002
144. Voss A., Reinhart M., Sankarappa S. S.H., 1991. The metabolism of 7,10,13,16,19- docosapentaenoic acid to 4,7,10,16,19-docosahexaenoic acid in rat liver is independent of 4- desaturase. *J Biol Chem.*, 266, 19 995-20 000.
145. Walkowiak M., 2007. Zastosowanie hodowli rekombinacyjnej, mutacyjnej oraz androgenezy in vitro w badaniach nad lmem oleistym (*Linum usitatissimum* L.). *Rośl. Oleiste*, XXVIII, 151–157.
146. Wei C., Xi W., Nie X., Liu W., Wang Q., Yang B., Cao D., 2013. Aroma characterization of flaxseed oils using headspace solid-phase microextraction and gas chromatography-olfactometry. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 115, 1032–1042. doi:10.1002/ejlt.201200397
147. Wielebski F., 2009. Reakcja różnych typów hodowlanych odmian rzepaku ozimego na poziom stosowanej agrotechniki i . Charakterystyka dojrzewających roślin rzepaku oraz jego plonowanie i układ elementów plonotwórczych. Response of different types of winter oilseed rape varietie. *Rośl. Oleiste - Oilseed Crop.*, XXX, 75–90.
148. Wielebski F., 2011. Wpływ nawożenia siarką w warunkach stosowania zróżnicowanych dawek azotu na skład chemiczny nasion różnych typów odmian rzepaku ozimego. The effect of sulphur fertilization on chemical composition of seeds of different breeding forms of winter oilseed rap. *Rośl. Oleiste - Oilseed Crop.*, XXXII, 78–95.
149. Wielebski F., Wójtowicz M., Spasibonek S., 2017. Zawartość tłuszczu oraz profil kwasów tłuszczowych w oleju żółto i brązowonasiennych odmian lnu oleistego (*Linum usitatissimum* L.) w zmiennych warunkach agrotechnicznych i siedliskowych. *Fragm. Agronom.*, 34, 103–114.
150. Wielgusz K., Heller K., 2011. The influence of flax seed organic dressing on fungus flora diversity in the soil. *J. Res. Appl. Agric. Eng.*, 56, 198–202.
151. Wiślicki B., Krzyżanowski R., Pągowski Z., 1995. Oleje roślinne – surowcem dla proekologicznych paliw silnikowych i olejów smarowych. *Rośl. Oleiste*, 16, 323–331.
152. Witkowicz R., Zajac T., Kryńska B., Zajac T., Klima K., 2005. Zmienność i współzależność komponentów struktury plonu nasion lnu oleistego. *Acta Agr. Silv.*, ser. Agrar., XLV, 11–17.
153. Wondolowska-Grabowska A., 2011a. Modyfikacja parametrów morfologicznych i strukturotwórczych roślin lnu oleistego nawożonych makro- i mikroelementami. Modification of morphological and structure forming

- parameters of oil flax plants of fertilization with macro- and microelements. Zesz. Nauk. Uniw. Przyr. we Wrocławiu, ser. Rol., 582, 143–173.
154. Wondołowska-Grabowska A., 2011b. Wysokość i jakość plonu lnu oleistego nawożonego makro- i mikroelementami. Yield and quality of oil flax fertilization of macro- and microelements. Zesz. Nauk. Uniw. Przyr. we Wrocławiu, ser. Rol., 582, 159–173.
 155. Wondołowska-Grabowska A., Skrzyńska E., Kowalska-Górska M., Senze M., Butorac J., 2015. E.C.O., n.d. Comparative analysis of registered flaxseed cultivars in terms of mineral and nutritional composition and harvest efficiency., in: VI International Scientific Agriculture Symposium “Agrosym 2015.” Jahorina, 15-18 October 2015, Bosnia and Herzegovina.
 156. Wójtowicz M. 2013. Rola czynników środowiskowych i agrotechnicznych w kształtowaniu wielkości i jakości plonu rzepaku ozimego (*Brassica napus* L.). Wyd. IHAR-PIB, Monogr. Rozpr. Nauk. 45: ss. 111.
 157. Wright T., McBride B., Holub B., 1998. Docosahexaenoic acid-enriched milk. In: Simopoulos A.P. (ed.), The Return of n3 Fatty Acids into the Food Supply. I. Land-Based Animal Food Products and their Health Effects. World Rev. Nutr. Diet. Karger, Basel, Switzerland, 83, 160–165.
 158. Wróbel-Kwiatkowska M., Lorenc-Kukuła K., Starzycki M., Oszmiański J., Kepczyńska E., Szopa J., 2004. Expression of β -1,3-glucanase in flax causes increased resistance to fungi. *Physiol. Mol. Plant Pathol.*, 65, 245–256. doi:10.1016/j.pmpp.2005.02.008
 159. Yalcin H., Öztürk I., Tulucu E., Sagdic O., 2011. Influence of the harvesting year and fertilizer on the fatty acid composition and some physicochemical properties of linseed (*Linum usitatissimum* L.). *J. für Verbraucherschutz und Leb.*, 6, 197–202.
 160. Zając T., 2004a. Współczesne uwarunkowania uprawy i wykorzystania lnu oleistego (*Linum usitatissimum* L.). *Postępy Nauk Rol.*, 2, 78–91.
 161. Zając T., 2004b. Analiza rozgałęziania się roślin lnu oleistego (*Linum usitatissimum* L.) z uwzględnieniem wkładu tego procesu w zmienność i współzależność cech. *Acta Agrobot.*, 57, 187–205.
 162. Zając T., 2005. Powierzchnia asymilacyjna i plonowanie odmian lnu oleistego w zależności od gęstości siewu i nawożenia mineralnego. *Acta Agr. Silv.*, ser. Agrar., XLV, 65–76.
 163. Zając T., Borowiec F., Micek P., 2001. Porównanie produktywności, składu chemicznego i profilu kwasów tłuszczowych żółtych i brązowych nasion lnu oleistego. *Rośl. Oleiste*, XXII, 441–454.
 164. Zając T., Grzesiak S., Kulig B., Polacek M., 2005. The estimation of productivity and yield of linseed (*Linum usitatissimum* L.) using the growth analysis. *Acta Physiol. Plant.*, 27(4A), 549–558.
 165. Zając T., Klima K., Borowiec F., Witkowiec R., Barteczko J., 2002. Plonowanie odmian lnu oleistego w różnych warunkach siedliska. *Rośl. Oleiste*, XXIII, 275–286.
 166. Zając T., Kulig B., 2001. Oszacowanie wpływu wybranych czynników agrotechnicznych na plonowanie lnu oleistego w doświadczeniu 3 4-1. *Rośl. Oleiste*, XXII, 597–608.
 167. Zając T., Oleksy A. 2010. Len oleisty. W: *Rośliny oleiste uprawa i zastosowanie*. Budzyński W., Zając T. (red.). PWRiL Poznań, 125–141.
 168. Zając T., Oleksy A., Kulig B., Klimek A., 2010. Uwarunkowania plonowania formy oleistej lnu zwyczajnego (*Linum usitatissimum* L.) oraz jej znaczenie żywieniowe i lecznicze. *A. Sci. Agric.*, 9, 47–63.
 169. Żbikowska A., Rutkowska J., 2008. Skład kwasów tłuszczowych a jakość i przydatność technologiczna tłuszczów do pieczenia. *Żywn. Nauk. Technol. Jakość*, 4, 90–95.
 170. Ziemiński S. B.-T.J., 1991. *Tłuszcze pożywienia i lipidy ustrojowe.*, PWN, Warszawa.
 171. Zubal P., 2001. The effects of sowing date, seeding rate and nutrition on yields of the oilseed flax cultivars (*Linum usitatissimum* L.). *Ved. Pr. Vysk. Ust. Rastl. Vyr.*, 30, 33–38.
 172. Zymon M., Strzetelski J., 2010. Sposoby [Haase i in. 2008] poprawy właściwości prozdrowotnych mięsa bydłęcego *Wiadomości Zootechniczne*, 4, 53–63.

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

5.1. Instytucje krajowe

W latach 2013-2020 współpracowałam z Instytutem Chemii i Technologii Organicznej, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej Politechniki Krakowskiej im. Tadeusza Kościuszki. W ramach współpracy wykonywałam analizy glicerydów i kwasów tłuszczowych olejów jadalnych oraz przemysłowych. Wyniki tych działań zostały ujęte we współautorskich publikacjach naukowych:

1. Skrzyńska Elżbieta, **Wondolowska-Grabowska Anna**, Capron Mickaël [i in.]. Crude glycerol as a raw material for the liquid phase oxidation reaction, *Applied Catalysis A-General*, **2014**, vol. 482, s.245- 257. DOI:10.1016/j.apcata.2014.06.005 (**Zał. 7a, poz. 75**).
2. Skrzyńska Elżbieta, **Wondolowska-Grabowska Anna**, Stalmach Edyta [i in.]. Zastosowanie niekonwencjonalnych surowców oleistych w syntezie biodiesla, *Przemysł Chemiczny*, **2016**, vol. 95, nr 10, s.1952-1955. DOI:10.15199/62.2016.10.20 (**Zał. 7a, poz. 39**).
3. **Wondolowska-Grabowska Anna**, Skrzyńska Elżbieta, Gniadzik-Zasańska Małgorzata [i in.]: Rapeseed oil most often chosen by consumers. What should we know about this product?, *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu - Rolnictwo*, **2018**, nr 628 (125), s.73-87. (**Zał. 7a, poz. 23**).

Wyniki wspólnych badań zaprezentowane zostały również na konferencjach w kraju i zagranicą:

1. **Wondolowska-Grabowska Anna**, Skrzyńska Elżbieta, Kozak Marcin. Skład kwasów tłuszczowych olejów roślinnych. W: *Badania i innowacje w produkcji roślinnej = Research and innovations in the crop production: VI Konferencja Naukowa Polskiego Towarzystwa Agronomicznego*, Kraków, 17-19 września 2015 r / Puła Joanna, Oleksy Andrzej, Kulig Bogdan (red.), 2015, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, s.115-115, ISBN 978-83-943123-0-5 (**Zał. 7a, poz.72**).
2. Dumeignil F., Mimura N., Zaid S., Girardon J.S., **Wondolowska-Grabowska Anna**, Skrzyńska Elżbieta, Capron M. Heterogeneous Catalysis for Liquid Phase Upgrading of Glycerol: Tackling Two Main Issues Towards Industrialization, 2-2 s., 2015, 106th AOCS Annual Meeting and Industry Showcase 2015. Streszczenie. (**Zał. 7a, poz. 70**).
3. **Wondolowska-Grabowska A.**, Skrzyńska E., Kozak M. Skład kwasów tłuszczowych olejów roślinnych, W: *Badania i innowacje w produkcji roślinnej = Research and innovations in the crop production: VI Konferencja Naukowa Polskiego Towarzystwa Agronomicznego*, Kraków, 17-19 września 2015 r / Puła Joanna, Oleksy Andrzej, Kulig Bogdan (red.), 2015, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, s.115-115, ISBN 978- 83-943123-0-5. (**Zał. 7a, poz. 71**).
4. **Wondolowska-Grabowska A.**, Skrzyńska E., Kowalska-Górska M. [i in.]: Comparison of registered flaxseed cultivars in terms of mineral and nutritional composition and harvest

efficiency, W: Sixth International Scientific Agricultural Symposium "Agrosym 2015". Book of proceedings. Jahorina, Bosnia and Herzegovina, October 15 - 18, 2015 / Kovacevic Dusan (red.), 2015, East Sarajevo =Istočno Sarajevo, University of East Sarajevo, Faculty of Agriculture, s.742-749, ISBN 978-99976-632-2-1. DOI: 10.7251/AGSY1505742W. **(Załącznik 7a, poz. 73).**

W pracach przedstawiono wyniki badań nad możliwością wykorzystania wielu gatunków roślin oleistych (czarnuszka, gorczyca czarna i biała, konopie siewne, len i lnianka, mak siewny, rzepak i rzepik, szałwia hiszpańska) do produkcji biodiesla. Na podstawie analiz składu chemicznego oraz pomiaru gęstości, lepkości, analizy wartości liczb charakterystycznych oraz właściwości wysoko- i niskotemperaturowych oceniono przydatność zsyntezowanych mieszanek estrów metylowych kwasów tłuszczowych do produkcji biodiesla w świetle obowiązujących norm. W badaniach wykorzystano zarówno surowce znane i stosowane w przemyśle spożywczym, jak i te, których zastosowanie jest marginalne, głównie ze względu na zawartość szkodliwych składników lub niewielką zawartość oleju w nasionach. Otrzymane biopaliwa oceniono pod kątem profilu kwasów tłuszczowych, gęstości, lepkości, właściwości nisko- i wysokotemperaturowych, a także oznaczono dla nich wartości liczb charakterystycznych. Bardzo interesujące biopaliwa otrzymano z nasion maku niebieskiego i białego, gorzycy białej oraz konopi, które spełniały wszystkie analizowane wymagania normy biopaliwowej. Stwarza to drogę do innowacyjnej metody produkcji biopaliw wynikającą z możliwości komplementacji substratów. Daje to podwaliny do dalszych poszukiwań różnych rozwiązań w celu wykorzystywania zielonej energii w gospodarce.

Przy ocenie jakości oleju zawartego w nasionach roślin oleistych brałam pod uwagę szereg indeksów i wskaźników: zawartość Omega 3 i Omega 6, nienasycone kwasy tłuszczowe (UFA), nasycone kwasy tłuszczowe (SFA), wielonienasycone kwasy tłuszczowe (PUFA), indeks pożądanych kwasów tłuszczowych (DFA), suma hipercholesterolemicznych kwasów tłuszczowych (OFA), indeksy aterogenności (AI), trombogenności (TI), desaturacji oleinowej (ODR), desaturacji linolowej (LDR), obliczoną wartość utlenialności (COX) oraz stosunek hipocholesterolemiczny / hipercholesterolemiczny (HH), wskaźnik tłuszczu nasyconego (S/P) i wskaźniki ALA/LA, OL/(LA+ALA) oraz indeks konsumencki (CI). Wykazałam, iż wskaźniki jakości tłuszczu nasion soi są silnie determinowane przez przebieg warunków pogodowych. Większą wartość prozdrowotną mają nasiona uzyskane w latach bardzo ciepłych lub ciepłych z optymalnymi lub stosunkowo suchymi warunkami wilgotnościowymi niż nasiona zbierane w latach chłodnych i wilgotnych. Stwierdziłam, że profil kwasów tłuszczowych zależy także od odmiany, a to determinuje wartości wskaźników określających jakość tłuszczu.

Podjęłam również współpracę z Katedrą Produkcji Roślinnej Uniwersytetu Rzeszowskiego. Efektem tej współpracy są 2 publikacje naukowe. W latach 2016-2019 uczestniczyłam w badaniach ze środków projektu 026/RID/2018/19 pt. „Rozwój potencjału badawczego w obszarze nauk rolniczych Uniwersytetu Rzeszowskiego szansą dla gospodarki żywnościowej w ramach Programu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego „Regionalna Inicjatywa Doskonałości”, projekt badawczy „Wpływ nawożenia doglebowego i dolistnego na wielkość plonu i jakość nasion roślin bobowatych grubonasiennych”. Zidentyfikowałam 34 kwasy tłuszczowe w nasionach soi odmian 'Aldana' i 'Annushka', między innymi, kwasy C4:0, C6:0,

C8:0, C10:0 oraz C11:0, które dotychczas nie były raportowane w literaturze naukowej. W badaniach potwierdzono również, że skład kwasów tłuszczowych w nasionach soi jest uwarunkowany genetycznie, a ich poziom akumulacji różni się w przypadku kwasów C16:0, C16:1, C18:1n9, C18:2, C18:3 i C20:0, a także podziału na nasycone kwasy tłuszczowe (SFA), jednonienasycone kwasy tłuszczowe (MUFA) i wielonienasycone kwasy tłuszczowe (PUFA).

1. Szpunar-Krok E., **Wondolowska-Grabowska A.**, Bobrecka-Jamro D., Jańczak-Pieniążek M., Kotecki A., Kozak M. 2021. Effect of Nitrogen Fertilisation and Inoculation with *Bradyrhizobium japonicum* on the Fatty Acid Profile of Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) Seeds. *Agronomy*, 2021;11(5), 1–18. DOI:10.3390/agronomy11050941. (**Zał. 7a, poz. 7**).
2. Szpunar-Krok, E., & **Wondolowska-Grabowska, A.** (2022). Quality Evaluation Indices for Soybean Oil in Relation to Cultivar, Application of N Fertiliser and Seed Inoculation with *Bradyrhizobium japonicum*. *Foods*, 11, 1–20. <https://doi.org/10.3390/foods11050762>. (**Zał. 7a, poz. 5**).

5.2. Instytucje zagraniczne

Uczestniczyłam w międzynarodowych wymianach naukowych, w ramach programów Erasmus+ i Cepas, odbywając staże zagraniczne (łącznie 9 tygodni) w:

- 1) Uniwersytet w Zagrzebiu (University of Zagreb, Chorwacja, 15.11. - 15.12.2009 (1 miesiąc). Staż naukowo-dydaktyczny. Wykonywałam różne analizy w laboratoriach wydziału- w miejscu i w górskiej stacji doświadczalnej. Badania dotyczyły, między innymi, oznaczania wartości energetycznej różnych genotypów i różnych fragmentów roślin za pomocą bomby kolorymetrycznej oraz analiz chemicznych, oceny składu chemicznego treści żywca bydła pod wpływem różnych dawek żywieniowych. Ważną częścią stażu były analizy statystyczno-matematyczne oraz interpretacje uzyskanych wyników chemicznych.
- 2) Uniwersytet w Canakkale (Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Terzioğlu Kampüsü, 17020 Canakkale, Turcja, 1-5.02.2010 (1 tydzień), w ramach Programu Erasmus+. Staż naukowo-dydaktyczny. Zapoznałam się z działalnością wydziału i badaniami rolniczymi prowadzonymi w katedrze uprawy roślin oraz działalnością katedry genetyki, zajmującą się hodowlą i badaniami nad doskonaleniem agrotechniki kukurydzy. Za cenne uznaję porównywanie różnych programów statystycznych w opracowywaniu wyników uzyskanych z badań rolniczych i genetycznych oraz ich interpretację.
- 3) Uniwersytet w Pradze (Czech University of Life Science Prague, Czechy, (20.07.2012-04.08.2012 r., 2 tygodnie). Staż naukowy. Zapoznanie z działalnością Wydziału

i badaniami rolniczymi prowadzonymi w jednostce. Współdział w prowadzeniu obserwacji w doświadczeniach polowych.

- 4) Uniwersytet w Canakkale (Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Terzioğlu Kampüsü, 17020 Canakkale, Turcja, w ramach Programu Erasmus+; 09.05.2022-20.05.2022 (2 tygodnie). Staż naukowy. Zapoznanie z założeniami i osiągniętymi efektami projektu „Opracowanie modeli kalibracyjnych NIRs (spektroskopia bliskiej podczerwieni) do wykorzystania w analizie cech ziarna kukurydzy o wartości do zastosowań spożywczych i przemysłowych”. Nauka obsługi aparatu i wykonywanie analiz.

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

6.1. Zajęcia dydaktyczne

Zajęcia dydaktyczne ze studentami są ważnym elementem mojej pracy zawodowej. W oparciu o wiedzę i umiejętności zdobyte na kursach Tutoring i PBL, we wszystkich przedmiotach własnego autorstwa wprowadziłam innowacyjne metody nauczania.

Uzyskałam pełnomocnictwo do dokonywania kwalifikacji w ramach realizacji projektu Mistrzowie dydaktyki 2, uczelniany model tutoringu jako metoda dydaktyczna, 7 stycznia 2021r.

W ramach działalności dydaktycznej realizowałam zajęcia w wymiarze, co najmniej 240 godzin/rok (2014/2015 – 241 godz.; 2015/2016 – 264 godz.; 2016/2017 – 358 godz.; 2017/2018 – 241,5 godz.; 2018/2019 – 595 godz.; 2019/2020 – 501 godz. 2020/2021 – 480 godz.; 2021/2022 - 450, 2022/2023 – 369 godz.

Wykaz przedmiotów obligatoryjnych i fakultatywnych mojego autorstwa, współautorstwa oraz bez mojego udziału w tworzeniu programu przedmiotu (wykłady i ćwiczenia), prowadzonych na studiach stacjonarnych i niestacjonarnych, na kierunkach: Agrobiznes, Agroiżynieria, Bezpieczeństwo żywności, Biotechnologia Stosowana Roślin, Medycyna Roślin, Ochrona środowiska, Rolnictwo, Technika Rolnicza i Leśna, Zootechnika:

Kierunek	Przedmiot	ECT S	Liczba godzin W/Ćw	Stopień studiów	Forma studiów	S e m	Obligatoryjność
Autorstwo sylabusów i prowadzenie przedmiotów (wykłady i ćwiczenia)							
Agrobiznes	Integrowane technologie w produkcji roślinnej	4	15/30	I stopień	stacjonarne	6	fakultatywny
Agrobiznes	Zrównoważony rozwój i integrowana ochrona w produkcji roślinnej	3	15/30	I stopień	stacjonarne	6	fakultatywny

Agrobiznes	Projektowanie nowoczesnych technologii upraw - surowce przemysłowe i energetyczne	2	15/15	I stopień	stacjonarne	5	fakultatywny
Agrobiznes	Optimalizacja procesów produkcji	4	15/30	II stopień	stacjonarne	2	obligatoryjny
Agrobiznes	Symulacja w procesach produkcji	4	15/30	II stopień	stacjonarne	2	obligatoryjny
Agrobiznes	Możliwości wykorzystania roślin energetycznych	3	15/30	II stopień	stacjonarne	2	fakultatywny
Bezpieczeństwo żywności	Podstawy żywności ekologicznej	2	15/15	I stopień	stacjonarne	6	fakultatywny
Bezpieczeństwo żywności	Technologie uprawy a jakość surowców roślinnych	2	15/15	I stopień	stacjonarne	6	fakultatywny
Medycyna Roślin	Projektowanie i optymalizacja technologii uprawy roślin	2	15/15	I stopień	stacjonarne	4	fakultatywny
Ochrona środowiska	Czynniki środowiskowe i ekonomiczne w projektowaniu technologii upraw roślin rolniczych i energetycznych	3	15/30	I stopień	stacjonarne	4	fakultatywny
Rolnictwo	Projektowanie technologii upraw	4	15/30	I stopień	stacjonarne	7	fakultatywny
Rolnictwo	Projektowanie technologii upraw	4	9/18	I stopień	nie-stacjonarne	7	fakultatywny
Erasmus/Rolnictwo	Plant biomass – a renewable energy source	2	15/30	I stopień	stacjonarne	6	fakultatywny
TRiL	Projektowanie nowoczesnych technologii uprawy roślin polowych	3	15/15	I stopień	stacjonarne	3	fakultatywny
Erasmus/TRiL	Designing modern technologies of crop growing	3	15/15	I stopień	stacjonarne	3	fakultatywny
Agroinżynieria	Nowoczesne technologie upraw roślin towarowych	4	15/30	I stopień	stacjonarne	3	fakultatywny
Agroinżynieria	Nowoczesne technologie w uprawie polowej	4	15/30	I stopień	stacjonarne	3	fakultatywny

Zootechnika	Chromatografia żywności	3	15/20	II stopień	stacjonarne	2	fakultatywny
-------------	-------------------------	---	-------	------------	-------------	---	--------------

Współautorstwo sylabusów i prowadzenie przedmiotów (wykłady i ćwiczenia)

Agrobiznes	Podstawy agroenergetyki	3	15/15	I stopień	stacjonarne	6	obligatoryjny
Agrobiznes	Środowiskowe czynniki ryzyka w uprawach rolniczych	3	15/30	I stopień	stacjonarne	4	fakultatywny
Bezpieczeństwo żywności	Plant biomass – a renewable energy source in the national economy	2	15/15	I stopień	stacjonarne	3	fakultatywny
Biotechnologia stosowana roślin	Wykorzystanie postępu hodowlanego roślin w uprawach polowych	4	15/30	I stopień	stacjonarne	4	obligatoryjny
Erasmus	Biology of crops	2	15/15	I stopień	stacjonarne	3	fakultatywny
Erasmus/Ochrona środowiska	Plant biomass-a renewable in environment	2	15/30	I stopień	stacjonarne	6	fakultatywny
Bezpieczeństwo żywności	Biomasa roślinna – odnawialne źródło energii w gospodarce narodowej	2	15/15	I stopień	stacjonarne	3	fakultatywny
Ochrona środowiska	Biomasa roślinna – odnawialne źródło energii w środowisku	2	15/30	I stopień	stacjonarne	6	fakultatywny
TRiL	Projektowanie nowoczesnych technologii uprawy roślin polowych	3	15/15	I stopień	stacjonarne	3	fakultatywny

Bez udziału w tworzeniu przedmiotu, prowadzenie zajęć (wykłady i ćwiczenia)

Rolnictwo	Biomasa roślinna- odnawialne źródło energii	2	15/30	I stopień	stacjonarne	6	fakultatywny
Rolnictwo	Biomasa roślinna- odnawialne źródło energii	2	9/18	I stopień	nie-stacjonarne	6	fakultatywny
Rolnictwo	Diagnostowanie stanu roślin uprawnych	4	15/30	I stopień	stacjonarne	7	fakultatywny
Rolnictwo	Diagnostowanie stanu roślin uprawnych	4	9/18	I stopień	nie-stacjonarne	7	fakultatywny
Medycyna Roślin	Diagnostowanie stanu roślin upraw polowych	2	15/15	I stopień	stacjonarne	4	fakultatywny

Rolnictwo	Jakość owoców rolnych i surowców roślinnych	2	15/15	I stopień	stacjonarne	8	obligatoryjny
Rolnictwo	Jakość owoców rolnych i surowców roślinnych	2	15/15	I stopień	nie-stacjonarne	8	obligatoryjny
Rolnictwo	Szczegółowa uprawa roślin	3	30/30	I stopień	stacjonarne	7	obligatoryjny
Rolnictwo	Szczegółowa uprawa roślin	7/8	9/18	I stopień	niestacjonarne	3/4	obligatoryjny
Ochrona środowiska	Biologia roślin uprawnych	3	15/30	I stopień	stacjonarne	3	fakultatywny

Zostałam wliczona do minimum kadrowego na kierunkach: Agrobiznes, Rolnictwo na Wydziale Przyrodniczo-Technologicznym oraz na kierunku Bezpieczeństwo żywności na Wydziale Biologii i Hodowli Zwierząt.

Byłam członkiem:

- Komisji Rekrutacyjnej – Zawodowe Studia Zaoczne, I stopnia, kierunek Rolnictwo, 2006 – 2009 r.
- Komisji Rekrutacyjnej – Studia stacjonarne, I stopnia, kierunek Biotechnologia stosowana roślin, 2015- 2016 r.
- Komisji Rekrutacyjnej – Studia stacjonarne, I i II stopnia, kierunek Biotechnologia stosowana roślin, Medycyna roślin, Ochrona środowiska, Rolnictwo, 2015-2020 r.

6.2. Promotorstwo i recenzje prac dyplomowych

Istotnym elementem mojej działalności dydaktycznej jest opieka naukowa nad dyplomantami. Byłam promotorem 39 prac inżynierskich i 37 prac magisterskich.

6.2.1. Promotorstwo prac inżynierskich:

1. Patryk Gizler. 2023. Projekt oceny wartości energetycznej roślin z różnych grup użytkowych. Project for assessing the energy value of plants from different use groups
2. Kacper Malczewski. 2023. Projekt uprawy wybranej rośliny polowej z zastosowaniem najnowszych rozwiązań technologicznych. Project of a selected field crop using the latest technology

3. Tomasz Klemczak. 2023. Opracowanie projektu technologicznego uprawy ekologicznej rzepaku ozimego. Development of a technological project for ecological cultivation of winter rape
4. Marcelina Bierzyńska. 2023. Rośliny oleiste w życiu człowieka Oil crops in human life
5. Damian Zawadzki. 2021. Technologia produkcji surowca olejarskiego na bazie lnu oleistego z zachowaniem optymalnej jakości produktu. Technology of production of oilseed raw material based on oilseed flax with optimal preservation of product quality
6. Dominika Janiak. 2021. Preparaty wspomagające w uprawie rzepaku ozimego Support products for winter rape cultivation
7. Sebastian Makodoński. 2021. Ocena jakościowa i ekonomiczna rzepaku ozimego w ekologicznym i konwencjonalnym systemie uprawy. Qualitative and economic evaluation of winter oilseed rape in an organic and conventional cultivation system
8. Marcin Kania. 2020. Opracowanie technologii uprawy rzepaku ozimego polepszającej jakość produktu. Development of technology for growing winter rapeseed to improve product quality
9. Maciej Szafran. 2020. Plonowanie i produktywność rzepaku ozimego w warunkach różnych systemów uprawy. Yield and productivity of winter rape under different cultivation systems
10. Derebecka M. 2020. Ocena wartości genetycznej różnych odmian soi w oparciu o analizę składu chemicznego oraz parametrów biometrycznych i strukturotwórczych. Evaluation of the genetic value of different soybean varieties based on the analysis of the chemical composition as well as biometric and structure forming parameters.
11. Vasylykov K. 2020. Wpływ sposobu uprawy na jakość i wartość plonu nasion soi - projekt procesu technologicznego. Impact of cultivation method on soybean seed quality and value - technological process design.
12. Wiewióra A. 2020. Wpływ nawożenia nawozami niekonwencjonalnymi na jakość plonów oraz skład chemiczny różnych odmian pszenicy. The influence of fertilization with unconventional fertilizers on the quality of yields and the chemical composition of different wheat cultivars.
13. Stolarczuk R. 2020. Opracowanie projektu technologicznego uprawy rzepaku przeznaczonego na cele energetyczne. The development of a technological project for cropping rapeseed for Energy purposes.
14. Neuman D. 2020. Technologia produkcji uprawy soi z zachowaniem optymalnej jakości surowca olejarskiego. Soybean crop production technology while maintaining optimal oil quality.
15. Wieczorek D. 2019. Dobór gatunków roślin do uprawy na cele energetyczne w typowym gospodarstwie rolnym. Selection of plant species for cultivation for energy purposes on a typical farm.
16. Mormul R. 2019. Wpływ ograniczonego nawożenia rzepaku na wysokość plonu i jego jakość. Impact of limited rapeseed fertilization on the quantity and quality of the crop.
17. Dopierała D. 2019. Opracowanie projektu technologicznego uprawy wybranej rośliny przeznaczonej na cele energetyczne w gospodarstwie rolnym. The technological project of the cultivation of a chosen plant intended for energy purposes in an agricultural holding.

18. Turek P. 2019. Możliwość i perspektywy wykorzystania niekonwencjonalnych nawozów w uprawie rzepaku. Possibility and prospects for unconventional use of fertilizers in the of rapeseed cultivation.
19. Nikodem M. 2019. Projekt uprawy wybranej rośliny oleistej na terenach o podwyższonym ryzyku skażenia. Design for the cultivation of a selected oilseed plant in areas with an increased risk of contamination.
20. Zaton J. 2019. Możliwość wystąpienia zanieczyszczeń i substancji szkodliwych w oleju rafinowanym i nierafinowanym. The possibility of the occurrence of contaminants and harmful substances in refined and unrefined oils.
21. Masendych K. 2018. Ocena możliwości strat w plonie nasion rzepaku ozimego w zaprojektowanym procesie technologicznym. Assessment of the possibility of losses in the yield of winter rape seeds in the designed technological process.
22. Neblik P. 2018. Wpływ produkcji konwencjonalnej i integrowanej na jakość i wysokość plonu nasion soi- projekt procesu technologicznego. The impact of conventional and integrated cultivation on the quality and height yielding of soybean - a project of the technological process.
23. Specylak A. 2018. Opracowanie projektu technologicznego wierzby wiciowej przeznaczonej na cele energetyczne w gospodarstwie rolnym. a technological project study of the osier willow used for farmstead energy generation.
24. Piechaczek Ł. 2018. Sposób konwencjonalnej i integrowanej uprawy rzepaku ozimego. Conventional and integrated method of winter rape cultivation.
25. Bryś J. 2017. Wpływ nawożenia makro- i mikroelementami na rozwój i plonowanie rzepaku ozimego.
26. Kanturski A. 2017. Projekt uprawy rzepaku ozimego w systemie integrowanym.
27. Dąbrowny M. 2017. Produkcja biopaliw z wybranych gatunków roślin oleistych uprawianych w Polsce.
28. Wojtowska K. 2017. Dobór gatunków do uprawy na obszary nieużytkowane rolniczo z przeznaczeniem na cele energetyczne.
29. Grzejdziak K. 2017. Projekt uprawy wybranych roślin na cele energetyczne na terenach zdegradowanych.
30. Madej P. 2017. Jakość oleju lnianego uzyskanego pod wpływem stosowania nawozów pochodzenia przemysłowego w opinii konsumenckiej.
31. Marciniak E. 2016. Ocena możliwości uprawy roślin na cele energetyczne w gospodarstwie rolnym.
32. Krawiec A. 2016. Technologia uprawy i wykorzystanie soi Glycine Max.
33. Kałuzińska S. 2016. Technologia uprawy i wykorzystanie rzepaku ozimego.
34. Grzegorzczyn A. 2016. Technologia uprawy i wykorzystanie lnu oleistego.
35. Błażej J. 2013. Dobór gatunków roślin do uprawy na cele energetyczne na terenie Dolnego Śląska.
36. Tkaczyk K. 2012. Produkcja i technologia uprawy Ślázowca pensylwańskiego *Sida hermaphrodita*.
37. Lubczyński A. 2012. Możliwości i perspektywy wykorzystania niekonwencjonalnych nawozów w produkcji rolniczej.
38. Paszek M. 2011. Produkcja biopaliwa z wybranych gatunków roślin uprawnych.

39. Staszewska K. 2011. Dobór gatunków roślin do uprawy na cele energetyczne w typowym gospodarstwie rolnym.

6.2.2. Promotorstwo prac magisterskich:

1. Sebastian Makodoński. 2023. Wykorzystanie biostymulatorów w uprawie rzepaku ozimego. The use of biostimulators in the cultivation of winter rapeseed
2. Robert Stolarczuk. 2022. Zróżnicowane nawożenie azotowe dwóch odmian rzepaku ozimego w powiecie średzkim. Various nitrogenous fertilization of two varieties of winter rape in the średzki district
3. Justyna Zaton. 2022. Wpływ różnych substancji wspomagających w uprawie lnu oleistego. Impact of the different supporting substances for the cultivation of linseed.
4. Wojciech Sabok. 2021. Wpływ nawożenia mikroelementami na zdrowotność roślin oraz strukturę plonu soi. The effect of fertilization with microelements on plant health and the structure of the soybean yield
5. Denis Neuman. 2021. Ocena biostymulatora w uprawie rzepaku ozimego. Assessment of the biostimulator in the cultivation of winter oilseed rape.
6. Martyna Matusiak. 2020. Wpływ biostymulatorów na wzrost i jakość plonu nasion soi oraz akumulację metali ciężkich. The influence of biostimulators on the growth and quality of soybean seeds yield and heavy metal accumulation.
7. Rafał Śliwka. 2020. The effect of stimulators on agricultural production exemplified by rapeseed cultivation
8. Hrysiukowicz A. 2020. Wpływ nawożenia nawozami niekonwencjonalnymi na wartość siewną i zawartość tłuszczu w nasionach dwóch odmian lnu oleistego (*Linum usitatissimum* L.). Effect of fertilization unconventional fertilizers on sowing value and fat content in the seeds of two varieties of linseed (*Linum usitatissimum* L.).
9. Neblik P. 2019. Znaczenie nawożenia dolistnego w uprawie soi. The importance of foliar fertilization in soybean cultivation.
10. Cieniawska A. 2019. Wpływ nawożenia nawozami niekonwencjonalnymi na zawartość metali ciężkich i skład kwasów tłuszczowych w nasionach soi. Effect of fertilization with unconventional fertilizers on the content of heavy metals and the composition of fatty acids in soybeans seeds.
11. Gojowczyk D. 2019. Wpływ nawożenia borem na przebieg wegetacji i strukturę plonu rzepaku ozimego. Influence of boron fertilization on the vegetation course and yield structure of winter rape.
12. Specylak A. 2019. Wpływ nawozu na bazie osadów ściekowych na przyrost masy wierzby wiciowej. Sewage sludge based fertilizer effect on the willow weight growth.
13. Kozak M. 2018. Wpływ terminu nawożenia borem na skład chemiczny i wartość użytkową nasion rzepaku ozimego. Influence of the term of boron fertilization on chemical composition and utility value of winter rape seeds.

14. Nowak A. 2018. Możliwość zastosowania niekonwencjonalnego nawozu fosforowego w uprawie soi. The possibility of using unconventional phosphate fertilizer in cultivation of soybean.
15. Szwadowska E. 2018. Reakcja rzepaku ozimego na jesienne i wiosenne nawożenie borem. Reaction of winter rapeseed to autumn and spring boron fertilization.
16. Sowińska A. 2017. Kondycja roślin, jakość i wartość nasion jasno- i ciemnonasiennej odmiany lnu oleistego pod wpływem nawożenia nawozami niekonwencjonalnymi. Condition of plants, seed quality and yield of light and dark-seeded oil flax variety under the influence of fertilization with unconventional fertilizers.
17. Kondracka N. 2017. Zastosowanie niekonwencjonalnego nawozu fosforowego w uprawie soi. Application of unconventional phosphorus fertilizer in soybean cultivation.
18. Wojtysiak S. 2017. Wpływ biologicznych zapraw nasiennych na zdrowotność i plonowanie kilku odmian ziemniaka. Effect of biological seed treatment of potato varieties on health and yield.
19. Domański D. 2017. Wpływ nawożenia borem na skład chemiczny i wartość użytkową nasion rzepaku ozimego. The effect of boron fertilization on chemical composition and yielding value of winter rape seeds.
20. Światła A. 2017. Wpływ czynnika genetycznego na przebieg wegetacji i jakość plonu rzepaku ozimego. The effect of a genetic factor on the course of growing period and yield quality of winter rapeseed.
21. Kita M. 2017. Wpływ nawożenia borem na przebieg wegetacji i strukturę plonu rzepaku ozimego. The effect of boron fertilization on the course of plant growing period and the structure of winter rapeseed yield.
22. Staszewska K. 2012. Zmiany składu chemicznego nasion lnu oleistego (*Linum usitatissimum* L.) po zastosowaniu nawożenia azotem, borem i siarką.
23. Sierota G. 2010. Wpływ nawożenia borem i siarką na wartość siewną nasion trzech odmian rzepaku jarego.
24. Stanisławska A. 2010. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem, borem i siarką na plonowanie i wartość siewną nasion lnu oleistego (*Linum usitatissimum* L.).
25. Bajak M. 2010. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem, borem i siarką na rozwój i plonowanie trzech odmian rzepaku jarego.
26. Byczko K. 2009. Wpływ nawożenia azotem, borem i siarką na rozwój i plonowanie trzech odmian rzepaku jarego. The effect of nitrogen, boron and Sulphur fertilization on growing and yielding of three cultivars of spring rape.
27. Freliga Ł. 2008. Wpływ nawożenia azotem i borem na wzrost i plonowanie trzech odmian rzepaku jarego. The effect of nitrogen and boron fertilization on growing and yielding of three cultivars of spring rape.
28. Dąbek U. 2008. Wpływ nawożenia makro- i mikroelementami na wartość siewną nasion trzech odmian lnu oleistego. The effect of macro- and microelements fertilization on three linum oil cultivars sowing value.
29. Adamczyk M. 2008. Wpływ nawożenia makro – i mikroelementami na rozwój i plonowanie trzech odmian lnu oleistego. The effect of macro- and microelements fertilization on growing and yielding of three cultivars of linum oil.

30. Trojan M. 2007. Wpływ terminu zbioru oraz nawożenia makro- i mikroelementami na wartość siewną nasion trzech odmian lnu oleistego.
31. Batóg E. 2007. Wpływ nawożenia makro- i mikroelementami na rozwój i plonowanie trzech odmian rzepaku jarego. Socha M. 2006. Wpływ terminu zbioru i sposobu omłotu na wartość użytkową nasion rzepaku jarego.
32. Piwowar B. 2006. Wpływ terminu zbioru i nawożenia makro- i mikroelementami na wartość siewną nasion trzech odmian lnu oleistego.
33. Gąsiorek K. 2006. Wpływ nawożenia makro- i mikroelementami na rozwój i plonowanie trzech odmian rzepaku jarego.
34. Drobczyńska D. 2006. Wpływ nawożenia makro- i mikroelementami na rozwój i plonowanie trzech odmian lnu oleistego.
35. Turek M. 2005. Wpływ nawożenia makro- i mikroelementami na plon i jakość nasion lnu włóknistego.
36. Liszka – Podkowa A. 2005. Wpływ terminu zbioru i sposobu omłotu na wartość użytkową nasion rzepaku jarego.
37. Szopińska D. 2004. Wpływ nawożenia azotem na rozwój i plonowanie pięciu odmian rzepaku jarego.

6.3. Recenzje prac dyplomowych

Wykonałam łącznie 77 recenzji prac dyplomowych, w tym 40 prac inżynierskich i 37 magisterskich.

6.3.1. Recenzje prac inżynierskich:

1. Fabian Ślęzak. 2023. Technologia bezorkowej uprawy rzepaku ozimego z wykorzystaniem siewnika rzędowego Spiryt No-tillage Technology of winter oilseed rape using the Spiryt seed drill
2. Zofia Wołyniec-Kuzia. 2022. Projekt ulotki umożliwiający rozpoznanie żywności funkcjonalnej dostępnej na rynku. Leaflet design enabling identification of functional food on the market
3. Tetiana Horbunova. 2021. Rola produktów zbożowych w żywieniu studentów Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. The role of cereal products in the nutrition of students at the Wrocław University of Environmental and Life Sciences
4. Magdalena Wrońska. 2021. Analiza produkcji i wykorzystania nasion Lnianki siewnej (*Camelina sativa* L.) w gospodarstwie agroturystycznym. Analysis of production and use of seeds of *Camelina sativa* L. on an agritourist farm
5. Mateusz Jedliński. 2021. Technologie uprawy grochu siewnego z wykorzystaniem preparatów ograniczających straty nasion przed i w trakcie zbioru kombajnowego. Technologies of cultivating pea with the use of preparations limiting losses before and during the combine harvesting
6. Tomala S. 2020. Analiza wykorzystania nasion soi jako źródła białka w żywieniu człowieka. Analysis of soya seeds usage as a protein source in human nutrition.

7. Nowicka M. 2020. Analiza wykorzystania nasion soi jako źródła substancji bioaktywnych w żywieniu człowieka. Analysis of the use of soybean as a source of bioactive substances in human nutrition.
8. Kotowicz P. 2020. Technologia produkcji kwalifikowanego materialu siewnego grochu (*Pisum sativum* L.). Technology production of certified seed of peas (*Pisum sativum* L.).
9. Wróbel K. 2019. Technologia uprawy rzepaku ozimego z wykorzystaniem maszyn uprawowych i siewników firmy Vadersta. Technology of winter rape cultivation using tillage machines and seeders Väderstad.
10. Kuzara M. 2019. Technologia uprawy soi z wykorzystaniem maszyn uprawowych i siewników firmy Vaderstad. Technology of soybean cultivation using tillage machines and seeders Väderstad.
11. Jarki D. 2018. Rola właściwego doboru odmian hodowlanych w uprawie soi w województwie Dolnośląskim. The role of proper selection of breeding varieties in soybean cultivation in the Lower Silesia Voivodship.
12. Samborski K. 2018. Uprawa wyki siewnej na nasiona. Growing of common vetch for seeds.
13. Sabok W. 2018. Technologia Strip-Till w uprawie soi (*Glycine max* L.). Strip-Till technology in soybean cultivation (*Glycine max* L.).
14. Peszko A. 2018. Stosowanie stabilizowanego mocznika w uprawie rzepaku ozimego. The use of stabilized urea in the cultivation of winter oilseed rape.
15. Leśniak K. 2017. Optymalizacja technologii uprawy rzepaku ozimego w warunkach agrokologicznych województwa dolnośląskiego.
16. Hełmińska N. 2017. Uprawa soi zgodnie z zasadami integrowanej ochrony roślin.
17. Jarus M. 2017. Uprawa grochu siewnego zgodnie z zasadami integrowanej ochrony roślin.
18. Kozak M. 2017. Technologia uprawy grochu siewnego(*Pisum sativum* L.) w warunkach Dolnego Śląska.
19. Barton B. 2017. Uprawa jęczmienia zwyczajnego (*Hordeum vulgare* L.) na ziarno paszowe w warunkach województwa opolskiego.
20. Stolarczyk W. 2016. Integrowana produkcja żyta mieszańcowego i populacyjnego.
21. Sowińska A. 2016. Integrowana produkcja i ochrona gorczycy białej.
22. Kondracka N. 2016. Integrowana ochrona i produkcja rzepaku ozimego.
23. Witko A. 2016. Integrowana produkcja i ochrona łubinu żółtego.
24. Gabryś R. 2016. Uprawa kukurydzy na ziarno na Niżu Dolnośląskim.
25. Pabian M. 2016. Agrotechnika owsa na cele konsumpcyjne.
26. Sylwestrzak J. 2016. Nowoczesna technologia współrzędnej uprawy bobiku z pszenżytem jarym.
27. Mokrzycka P. 2016. Nowoczesna technologia współrzędnej uprawy łubinu żółtego z pszenżytem jarym.
28. Maroszyk Z. 2015. Wpływ nawożenia azotem na wielkość i jakość plonu pszenicy ozimej.
29. Bełczącka L. 2015. Technologia uprawy pszenicy zwyczajnej, orkiszu i pszenicy twardej (makaronowej) dla przemysłu spożywczego.
30. Klósak M. 2015. Nawożenie azotem pszenicy chlebowej.
31. Szymanowski P. 2015. Technologia uprawy i wykorzystanie pszenicy twardej.
32. Lasoń M. 2015. Ekologiczna produkcja ziarna pszenicy orkisz.

33. Dyrerowicz P. 2013. Uprawa pszenicy zwyczajnej na niskim i wysokim poziomie agrotechniki.
34. Kowalski J. 2013. Technologia uprawy pszenżyta paszowego.
35. Radoła M. 2013. Uprawa kukurydzy na ziarno na Niżu Dolnośląskim.
36. Figurska A. 2012. Uprawa owsa na cele konsumpcyjne.
37. Fuławski R. 2011. Wielokierunkowe użytkowanie kukurydzy.
38. Hyla M. 2011. Uprawa kukurydzy z przeznaczeniem na CCM.
39. Uss-Gaładziej K. 2011. Pszenżyto w uprawie dawniej i dziś.
40. Wadzicka Ż. 2011. Kształtowanie plonu i jakości ziarna wybranych gatunków pszenicy - zwyczajnej, orkisz i twardej.

6.3.2. Recenzje prac magisterskich:

1. Marcisz Kamil. 2022. Wpływ zróżnicowanej aplikacji nawozów NPK na rozwój i plonowanie rzepaku ozimego. Influence of diversified application of NPK fertilizers on the development and yield of winter rape.
2. Karoń D. 2020. Reakcja soi uprawianej na nasiona na zróżnicowaną ilość wysiewu w warunkach powiatu głubczyckiego. Reaction of soybeans cultivated for seeds on a different amount of sowing in the conditions of the Głubczyce country.
3. Koleśnik I. 2019. Wysokość i jakość plonu soi uprawnej w zależności od terminu siewu. The height and quality of the soybean crop, depending on the sowing date
4. Konstancy S. 2019. Ocena skuteczności środków Kaishi oraz Toledo Extra 430 SC w uprawie rzepaku ozimego (*Brassica napus* L.). Study of the effectiveness of Kaishi and Toledo Extra 430 SC agents in winter rape growing.
5. Barton B. Wpływ rozstawy rzędów i ilości wysiewu na rozwój i plonowanie soi uprawnej. Influence of row spacing and sowing rate for the development and yielding of soybeans.
6. Szydło M. 2018. Wpływ aplikacji wybranych stymulatorów wzrostu na rozwój i plonowanie pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* L.) The impact of selected growth stimulants on the development and yielding of common wheat (*Triticum aestivum* L.)
7. Mazurkiewicz J. 2018. Wpływ zróżnicowanej rozstawy rzędów i ilości wysiewu na rozwój i plonowanie soi uprawnej. The effect of varied row spacing and sowing rate on the growth and yielding of cultivated soybean
8. Król J. 2018. Reakcja soi uprawnej na zróżnicowaną rozstawę rzędów i stosowanie biostymulatora Asahi SL. Reaction of soybean to different row spacing and use of Asahi SL biostimulator.
9. Jański W. 2018. Wpływ aplikacji wybranych stymulatorów wzrostu na rozwój i plonowanie jęczmienia zwyczajnego (*Hordeum vulgare* L.). The impact of the application of selected growth stimulants on the development and yielding of barley (*Hordeum vulgare* L.)
10. Sylwestrzak J. 2017. Wpływ zróżnicowanej architektury ładu na rozwój i plonowanie soi uprawnej. Influence of varied architecture of the field on the development and yielding of soybeans
11. Sylwestrzak J. 2017. Nowoczesna technologia współrzędnej uprawy bobiku z pszenżytem jarym.
12. Mokrzycka P. 2017. Nowoczesna technologia współrzędnej uprawy łubinu żółtego z pszenżytem jarym.

13. Klucowicz K. 2017. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem i aplikacji preparatu Rooter na rozwój i plonowanie soi uprawnej. The effect of increasing levels of nitrogen fertilizer and application of the preparation Rooter for the rising and yielding of soybean.
14. Karbownik A. 2017. Wpływ przedsiewnej aplikacji i dolistnego stosowania biostymulatorów na rozwój i plonowanie pszenicy zwyczajnej. Influence of foliar application and use of bio stimulators on growth and yield of wheat.
15. Zarzycki P. 2016. Wpływ odmiany, dawki oraz sposobu nawożenia fosforem na plon i skład chemiczny kukurydzy ziarnowej. (in polish) Wpływ odmiany, dawki oraz sposobu nawożenia fosforem na plon i skład chemiczny kukurydzy ziarnowej.
16. Kozakiewicz G. 2016. Wpływ zróżnicowanej technologii uprawy na rozwój i plonowanie rzepaku ozimego. Wpływ zróżnicowanej technologii uprawy na rozwój i plonowanie rzepaku ozimego.
17. Dulak W. 2016. Wpływ stosowania stymulaorów Plontar i Sunagreen na rozwój i plonowanie pszenicy ozimej. Wpływ stosowania stymulaorów Plontar i Sunagreen na rozwój i plonowanie pszenicy ozimej.
18. Wojciechowicz A. 2016. Wpływ stosowania preparatów TS na rozwój i plonowanie pszenicy ozimej. Wpływ stosowania preparatów TS na rozwój i plonowanie pszenicy ozimej.
19. Wójcik H. 2015. Następczy wpływ przedplonu strączkowo-zbożowego na rozwój i plonowanie pszenicy ozimej. Następczy wpływ przedplonu strączkowo-zbożowego na rozwój i plonowanie pszenicy ozimej.
20. Czerwik K. 2015. Wpływ terminu siewu i nawożenia azotem na wielkość i jakość plonu jarej pszenicy twardej. Wpływ terminu siewu i nawożenia azotem na wielkość i jakość plonu jarej pszenicy twardej.
21. Andrzejak M. 2015. Następczy wpływ przedplonu strączkowo-zbożowego na rozwój i plonowanie żyta ozimego. Następczy wpływ przedplonu strączkowo-zbożowego na rozwój i plonowanie żyta ozimego.
22. Pabian M. 2015. Agrotechnika owsa na cele konsumpcyjne.
23. Maroszyk Z. 2015. Wpływ nawożenia azotem na wielkość i jakość plonu pszenicy ozimej.
24. Bełczącka L. 2015. Technologia uprawy pszenicy zwyczajnej, orkisz i pszenicy twardej (makaronowej) dla przemysłu spożywczego.
25. Klósak M. 2015. Nawożenie azotem pszenicy chlebowej.
26. Szymanowski P. 2015. Technologia uprawy i wykorzystanie pszenicy twardej.
27. Lasoń M. 2015. Ekologiczna produkcja ziarna pszenicy orkisz.
28. Dynierowicz P. 2013. Uprawa pszenicy zwyczajnej na niskim i wysokim poziomie agrotechniki.
29. Kowalski J. 2013. Technologia uprawy pszenżyta paszowego.
30. Radoła M. 2013. Uprawa kukurydzy na ziarno na Niżu Dolnośląskim.
31. Figurska A. 2012. Uprawa owsa na cele konsumpcyjne.
32. Fuławski R. 2011. Wielokierunkowe użytkowanie kukurydzy.
33. Hyla M. 2011. Uprawa kukurydzy z przeznaczeniem na CCM.
34. Uss-Gałandziej K. 2011. Pszenżyto w uprawie dawniej i dziś.
35. Wadzicka Ż. 2011. Kształtowanie plonu i jakości ziarna wybranych gatunków pszenicy - zwyczajnej, orkisz i twardej.
36. Froń H. 2010. Ocena wartości nawozowej resztek pozbiorowych zróżnicowanych odmian grochu. Ocena wartości nawozowej resztek pozbiornych zróżnicowanych odmian grochu.

37. Bil Ł. 2010. Ocena współrzędnej uprawy łubinu wąskolistnego z pszenżytem jarym. Ocena współrzędnej uprawy łubinu wąskolistnego z pszenżytem jarym.

6.4. Promotor pomocniczy rozpraw doktorskich

Byłam promotorem pomocniczym w przewodzie doktorskim mgr inż. Małgorzaty Gniadzik pt. "Wpływ wybranych czynników agrotechnicznych na rozwój i plonowanie soi uprawnej (*Glycine max.* (L.) Merr.)". Praca była realizowana w Instytucie Agroekologii i Produkcji Roślinnej, Wydział Przyrodniczo-Technologiczny Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Promotor pracy: prof. dr hab. Marcin Kozak. Termin obrony: 28.02.2023 r.

6.5. Udział w szkoleniach i kursach, uzyskane certyfikaty

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

- ✓ 2005 – Zastosowania analizy danych w przemyśle. Statystyka i data mining w badaniach naukowych StatSoft, 24-25 października 2005 r., Warszawa.
- ✓ 2008 - Ochrona danych osobowych w praktyce funkcjonowania wyższych uczelni. 26 czerwca 2008 r., Wrocław.
- ✓ 2008 – Granty dla doktorów i doktorantów. 7 Program Ramowy, obsługa projektów europejskich. 7 listopada 2008 r., Uniwersytet Ekonomiczny, Wrocław.
- ✓ 2009 - Ochrona danych osobowych w praktyce funkcjonowania wyższych uczelni. Wrocław.
- ✓ 2009 - Szkolenie: Program IDEAS dla doświadczonych naukowców – wskazówki dla piszących wnioski, 07 kwietnia 2009, WCTT Politechnika Wrocławska.
- ✓ 2009 - Komercjalizacja Wyników Badań Naukowych. Badania i Transfer Technologii, 21 kwietnia 2009 r., WCTT Politechnika Wrocławska.
- ✓ 2009 - Konferencja Europejskiego Urzędu ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA). Wybrane zagadnienia związane z bezpieczeństwem żywności, Warszawa 24 kwietnia 2009 r.
- ✓ 2009 – BITT. Seminarium: Droga do Uczelni XXI wieku. 19 października 2009, WCTT Politechnika Wrocławska.
- ✓ 2009 - Podnoszenie świadomości potrzeby komercjalizacji wyników badań naukowych. WCTT Politechnika Wrocławska, 19.10.2009 r.
- ✓ 2010 - Szkolenie: Biznes Plan jako narzędzie niezbędne do pozyskiwania środków z UE, 18-19 marca 2010r., WCTT, Politechnika Wrocławska.
- ✓ 2010 - Komercjalizacja Nauk Innowacyjnych. 24 czerwca 2010 r. Warszawa (FOCUS.)
- ✓ 2010 - Warsztaty: Komercjalizacja Nauk Innowacyjnych. 12-23.07.2010 r. Warszawa (POKL.04.02.00-00-015/09) (Centrum Szkolenia TWINS).
- ✓ 2010 – Szkolenie: Świadoma Kadra związanym z nauczaniem osób niepełnosprawnych, Wrocław.

- ✓ 2011 - Szkolenia dotyczące kontroli. 3 marca 2011 r. FRDL Centrum Dolnośląskie, Wrocław
- ✓ 2011 – i Spotkanie Innowatorów – Innowacje w sektorze BIO, Mercury, 30 marca 2011 r., Wrocław.
- ✓ 2011 - Szkolenia dotyczące kontroli. 11 listopada 2011 r. FRDL Centrum Dolnośląskie, Wrocław.
- ✓ 2012 - Szkolenie: Transfer wyników badań naukowych do gospodarki, 15 maja 2012 r. WATT – Wrocławska Akademia Transferu Technologii.
- ✓ 2012 – Lebenshilfe-Werk, Einladung zum Kartoffelbraten 2012, Korbach 7 września 2012 r.
- ✓ 2015 – Warsztaty: Horizon 2014-2020. Krajowy Punkt Kontaktowy Programów Badawczych UE, IPPTech PAN, 13 stycznia 2015 r., Wrocław.
- ✓ 2015 – Warsztaty: Individual Fellowships IF Marie Skłodowskiej Curie – jak skutecznie pisać wnioski o grant MSCA?, 21 maja, WCTT Politechnika Wrocławska.
- ✓ 2015 - Innowacyjny Przedsiębiorca – od nauki do biznesu. Konferencja upowszechniająca model wsparcia przedsiębiorczości akademickiej z branży IT. 27 maja 2015 r., WenderEDU Business Center, Wrocław.
- ✓ 2015 - Wyjazd do Niemiec w ramach współpracy UP z Saksońskim Urzędem Ochrony Środowiska, Rolnictwa i Geodezji, uczestnictwo w konferencji w Groitzsch poświęconej ochronie roślin i zwalczaniu chwastów w rolnictwie, Kollitsch, Drezno-Pillnitz, Nossen, Groitzsch 8-10.12.2015.
- ✓ 2018 - Rolnictwo precyzyjne w Polsce - dziś i jutro. Agrocom Polska, 5.02 - 7.02.2018 r. Centrum Kultury i Nauki Wydziału Teologicznego Uniwersytetu Opolskiego, Kamień Śląski.
- ✓ 2018 –Warsztaty Akademii Liderów innowacji. Finansowanie Innowacji – budowa modelu finansowego, budżetowanie i wycena technologii. INVENTITY. DIALOG. 7 maja 2018 r.
- ✓ 2018 – Metody aktywizujące w dydaktyce przedmiotów z obszaru nauk eksperymentalnych. Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, 11-12 czerwca 2018 r.
- ✓ 2019 – i Międzynarodowa Konferencja Canna Active. Nauka. Technologia. Medycyna. Biznes. 18 stycznia 2019 r. Wrocław.
- ✓ 2019 – Warsztaty. Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie”. Ramowy program szkolenia „Partnerstwo dla rozwoju III” Bydgoszcz, 1-2 października 2019 r. warsztaty nt. wniosków w ramach działania „Współpraca” Agencji Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa oraz Departamentu Rozwoju Obszarów Wiejskich Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi.
- ✓ 2019 - o edukacji inaczej – edukacja w epoce cyfrowej, 17 -18 października 2019, UP Wrocław.
- ✓ 2019 – szkolenie z zasad dostępności dokumentów cyfrowych –standard WCAG 2.0.
- ✓ Kurs: Zastosowanie chromatografii gazowej i spektrometrii mas w analityce żywności. 27-31.08.2012 Poznań.
- ✓ 2015 - Ukończenie kursu specjalistycznego zaawansowanego języka angielskiego Ustawicznie all inclusive. Europejski Fundusz Społeczny. Program Operacyjny kapitał Ludzki, Priorytet IV. Szkolnictwo Wyższe i Nauka. Wzmocnienie potencjału

dydaktycznego uczelni w obszarach kluczowych w kontekście celów Strategii Europa 2020.

- ✓ 2015 - Ukończenie szkolenia z obsługi Systemu Informacji Prawnej LEGALIS, Warszawa, 19.06.2015.
- ✓ 2015 - Ukończenie szkolenia "Świadoma kadra" dot. osób niepełnosprawnych.
- ✓ 2016 - Ukończenie szkolenia dotyczącego obsługi gazów technicznych w laboratorium.
- ✓ 2016 - Ukończenie szkolenia dotyczącego baz oraz narzędzi bibliograficznych Thomson Reuters, Wrocław 10 maja 2016 r.
- ✓ 2016 - Ukończenie szkolenia z obsługi i wykorzystania narzędzia EndNote, Wrocław 20 maja 2016 r.
- ✓ Kurs języka angielskiego na poziomie B2. Wrocław, 10.10.2017r.
- ✓ Szkolenie „Wywieranie wpływu, czyli jak nie dać się wyzyskiwaczom”, Wrocław, 2 czerwca 2016 r.

Certyfikaty:

- Certyfikat: Ochrona danych osobowych w praktyce funkcjonowania wyższych uczelni. Wrocław 2008.
- Certyfikat: Ochrona danych osobowych w praktyce funkcjonowania wyższych uczelni. Wrocław 2009.
- Certyfikat: Auditor wewnętrzny SZJ w laboratoriach badawczych wg ISO 17025. Wrocław 2012.
- Ukończyłam kurs certyfikujący Szkoły Tutorów Akademickich Collegium Wratislaviense (2019)
- oraz kurs Problem-Based Learning (2020).

6.6. Osiągnięcia organizacyjne

Uczestniczę aktywnie w działalności organizacyjnej na rzecz Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.

Jestem z wyboru:

- członkiem Rady Dyscypliny na Wydziale Przyrodniczo-Technologicznym Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu (2020-2024),
- członkiem Senatu Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu (2020-2024).

W okresie zatrudnienia w UPWr pełniłam lub pełnię funkcje:

- członka Komisji Zapewnienia Jakości Kształcenia (2016-2020),
- opiekuna roku na kierunku Rolnictwo (studia I i II stopnia) (2015 – 2020).
- opiekuna Studenckiego Koła Naukowego Koniczynka od 2007 r. - do nadal.
- opiekuna studentów odbywających praktykę:

2018 – Agnieszka Plcar, Dionizy Gojowczyk, Piotr Neblik, Aleksandra Cieniawska;

2019 – Martyna Matusiak, Wojciech Sabok, Rafał Śliwka;

2020 – Justyna Zaton, Anna Świerk, Rafał Śliwka;

2022 - Weronia Jobczyk;

2023 – Wioleta Kalata.

Zostałam powołana jako osoba odpowiedzialna do kontaktów merytorycznych z działami macierzystej Uczelni w sprawie budowy nowych obiektów technicznych, 21 marca 2017 r.

Pełniłam funkcję egzaminatora umiejętności praktycznych w Eliminacjach Centralnych XLII Olimpiady Wiedzy i Umiejętności Rolniczych. Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wrocław, 6-8 czerwca 2018 r.

Otrzymałam powołanie do Wydziałowej Komisji ds. Zapewnienia Jakości Kształcenia na Wydziale Prayrodniczo-Technologicznym Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu na okres 01.01.2021 – 31.12.2024.

6.7. Osiągnięcia popularyzujące naukę

6.7.1. Publikacje popularno-naukowe

W zakresie popularyzowania wiedzy rolniczej jestem autorem artykułów popularno-naukowych o tematyce rolniczej:

1. Wondołowska-Grabowska A. 2000. Uprawa i zastosowanie szarłat, w: Poradnik Gospodarski, Trawiński W. (red.), Wielkopolski Ośrodek Doradztwa Rolniczego, ISSN 0137-6780, Nr 4., 22-24
2. Wondołowska – Grabowska A., 2002. Czy len wróci do łask. Poradnik Gospodarki 2, 26-27.
3. Wondołowska-Grabowska A. 2007. Czy termin zbioru i sposób omłotu rzepaku jarego wpływa na wartość użytkową pozyskanych nasion? Poradnik Gospodarski nr 6 s. 20-22.
4. Wondołowska-Grabowska A., 2015. Więcej chwastów w rzepaku w okresie suszy. Jak je zwalczać? Agrofakt, <http://www.agrofakt.pl/wiecej-chwastow-rzepaku-okresie-suszy>.
5. Wondołowska-Grabowska A., 2015. Jesienne szkodniki w rzepaku- jak chronić rośliny? Agrofakt, <http://www.agrofakt.pl/jesienne-szkodniki-rzepaku/31.08.2015>.
6. Wondołowska-Grabowska A., 2015. Pszenica chlebowa – jak ją uprawiać? Agrofakt, <http://www.agrofakt.pl/pszenica-chlebowa-ja-uprawiac/31.08.2015>.
7. Wondołowska-Grabowska A., 2015. Żyto na słabsze gleby i niepewną pogodę. Agrofakt, <http://www.agrofakt.pl/zyto-slabsze-gleby-niepewna-pogode/01.09.2015>.
8. Wondołowska-Grabowska A., 2015. Jesienne wymagania nawozowe rzepaku ozimego. Agrofakt, <http://www.agrofakt.pl/author/anna-wondolowska-grabowska/05.10.2015>.

9. Wondołowska-Grabowska A., 2015. Chwasty w rzepaku ozimym: herbicydy w jesiennej walce. Agrofakt, <http://www.agrofakt.pl/chwasty-w-rzepaku-ozimym/16.10.2015>.
10. Wondołowska-Grabowska A., 2015. Kondycja rzepaku ozimego a przezimowanie: jak zadbać o rośliny? Agrofakt, <http://www.agrofakt.pl/author/anna-wondolowska-grabowska/26.10.2015>.
11. Wondołowska-Grabowska A., 2015. Zwalczanie szkodników na plantacjach rzepaku. Agrofakt, <http://www.agrofakt.pl/szkodniki-rzepaku-ozimego/04.11.2015>.
12. Wondołowska-Grabowska A., 2015. Ochrona chemiczna pszenicy ozimej w okresie jesienny. Agrofakt, <http://www.agrofakt.pl/author/anna-wondolowska-grabowska/11.11.2015>.
13. Wondołowska-Grabowska A., 2015. Pszenica orkisz: z ekologią za pan brat. Agrofakt, <http://www.agrofakt.pl/pszenica-orkisz-z-ekologia-za-pan-brat/15.11.2015>
14. Wondołowska-Grabowska A., 2015. Zboże modne i pożądane: pszenica twarda. <http://www.agrofakt.pl/zboze-modne-pozadane-pszenica-twarda/26.11.2015>.
15. Wondołowska-Grabowska A., 2015. Czy stosować azot w uprawie rzepaku późną jesienią? Agrofakt, <http://www.agrofakt.pl/azot-w-rzepaku-pozna-jesienia/27.11.2015>.
16. Wondołowska-Grabowska A., 2015. Ocena stanu roślin na plantacji rzepaku przed zimą. Agrofakt, <http://www.agrofakt.pl/stan-roslin-rzepaku-zima/10.12.2015>
17. Wondołowska-Grabowska A., 2015. Jak ograniczać koszty uprawy? Agrofakt, <http://www.agrofakt.pl/jak-ograniczac-koszty-upraw/10.12.2015>.
18. Wondołowska-Grabowska A., 2015. Pszenżyto ozime: jakie ma wymagania? Agrofakt, <http://www.agrofakt.pl/author/anna-wondolowska-grabowska/09.12.2015>
19. Wondołowska-Grabowska A., 2015. Uprawa z siewem pasowym: za i przeciw. Agrofakt. <http://www.agrofakt.pl/uprawa-z-siewem-pasowym-za-i-przeciw/10.12.2015>.
20. Wondołowska-Grabowska A., 2015. Pszenżyto warte uwagi polskich rolników. Agrofakt, <http://www.agrofakt.pl/pszenzyto-warte-uwagi-polskich-rolnikow/11.12.2015>
21. Wondołowska-Grabowska A., 2016. Zboża przewodkowe: termiczne wymagania pszenicy. Agrofakt, <https://www.agrofakt.pl/przewodkowe-wymagania-pszenicy/15.02.2016>
22. Wondołowska-Grabowska A., 2016. Mieszańcowe i populacyjne odmiany rzepaku: jaką wybrać? Agrofakt, <https://www.agrofakt.pl/odmiany-rzepaku-wybrac/22.02.2016>
23. Wondołowska-Grabowska A., 2016. Progi szkodliwości chwastów w rzepaku. Agrofakt, <https://www.agrofakt.pl/progi-szkodliwosci-chwastow-rzepaku/21.02.2016>
24. Wondołowska-Grabowska A., 2016. Oszczędzaj na nawożeniu: nawozy jednoskładnikowe NPK. Agrofakt, <https://www.agrofakt.pl/oszczedzaj-nawozy-npk/19.02.2016>
25. Wondołowska-Grabowska A., 2016. Adiuwanty: wspomaganie herbicydów. Agrofakt, <https://www.agrofakt.pl/adiuwanty-wspomaganie-herbicydow/1.03.2016>
26. Wondołowska-Grabowska A., 2016. Mieszańcowe i populacyjne odmiany rzepaku: jaką wybrać? Agrofakt, <https://www.agrofakt.pl/odmiany-rzepaku-wybrac/22.lutego.2016>.
27. Wondołowska-Grabowska A., 2016. Mieszańcowe i populacyjne odmiany rzepaku: jaką wybrać? <https://www.agrofakt.pl/odmiany-rzepaku-wybrac/22.lutego.2016>
28. Wondołowska-Grabowska A., 2016. Progi szkodliwości chwastów w rzepaku. Agrofakt, <https://www.agrofakt.pl/progi-szkodliwosci-chwastow-rzepaku/21.lutego.2016>

29. Wondołowska-Grabowska A., 2016. Oszczędzaj na nawożeniu: nawozy jednoskładnikowe NPK. Agrofakt, <https://www.agrofakt.pl/oszczedzaj-nawozy-npk/> 19 luty 2016
30. Wondołowska-Grabowska A., 2016. Adiuwanty: wspomaganie herbicydów. Agrofakt, <https://www.agrofakt.pl/adiuwanty-wspomaganie-herbicydow/> 1 marca 2016
31. Wondołowska-Grabowska A., 2016. Jak i po co liczyć normę wysiewu dla zbóż? Agrofakt, <https://www.agrofakt.pl/liczyc-normy-wysiewu-zboz/> 3 marca 2019
32. Wondołowska-Grabowska A., 2016. Co jest istotne w porównywaniu odmian rzepaku ozimego? Agrofakt, <https://www.agrofakt.pl/porownywanie-odmian-rzepaku-ozimego/> 19 maja 2019
33. Wondołowska-Grabowska A. 2020. Olej konopny jako superfood – fakt czy mit?, w: Medyczna marihuana w teorii i praktyce, wyd. Max Hemp sp. z o.o., Nr 1 (1), 24-26.

6.7.2. Warsztaty i szkolenia

W ramach Dni Otwartych macierzystej uczelni prowadziłam warsztaty, między innymi, dla młodzieży szkół średnich:

1. Drzwi otwarte UP. Warsztaty. Oleje roślinne. 2015 r.;
2. Studia w pigułce. Biotechnologia i medycyna roślin – wyzwanie współczesnej nauki.; Tajemnica nasion. 27 marca 2015 r. Warsztaty Wydziału P-T;
3. Drzwi otwarte UP. Warsztaty. Produkty roślin zbożowych. 20 marca 2016 r.;
4. Studia w pigułce. Słońce-Roślina-Człowiek. Rośliny mięsożerne. 13 maja 2016 r.;
5. Studia w pigułce. Jak zadbać o dobrostan roślin?. Oleje- fakty i mity. 26 maja 2017 r.;
6. Drzwi otwarte UP. Warsztaty. Miej olej w głowie. 2017 r.;
7. Drzwi otwarte UP. Warsztaty. Jak to ugryść? 2017 r.;
8. Studia w pigułce. Dolny Śląsk – Zielona Dolina. Czy wiesz, co jesz? , 13 kwietnia 2018 r.;
9. Studia w pigułce. Dolny Śląsk – Zielona Dolina. Lepsza pajda chleba niż...13 kwietnia 2018 r.;
10. Warsztaty w ramach IV Festiwalu nauki. Wiedza- Indywidualizacja- Sukces. LO Wołczyn, 28 marca 2019 r.;
11. Drzwi otwarte UP. Warsztaty. Jaki chleb jeść? 17 czerwca 2019 r.

Realizowałam szkolenia zamawiane:

Zleceniodawca/Adresat	Data	Temat	Liczba godzin
Projekt pn. „Czas na zawodowców” współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Dolnośląskiego 2014-2020, Osi priorytetowej 10 Edukacja, Działania 10.4 Dostosowanie systemów kształcenia	25.05.2018	Precyzyjne rolnictwo – nowoczesne, czy ekonomiczne?	7

i szkolnictwa zawodowego do potrzeb rynku pracy.			
Szkolenia dla pracowników Agencji Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa	25-26.10.2018	Dobra praktyka rolnicza, rola międzyplonów	16
UP	27.05.2019	Oleje roślinne i produkty zbożowe w żywieniu człowieka	6
Mazowieckiego Ośrodka Doradztwa Rolniczego w Warszawie	13.02.2019	Optymalizacja uprawy rzepaku ozimego	2
Szkolenia dla pracowników Agencji Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa	18-19.11.2019	Dobra kultura rolna	16
Opolski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Łosiowie	26.08.2021	Agrotechnika roślin strączkowych	1,5
Szkolenia dla pracowników Agencji Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa	9-10.09.2021	Rolnictwo ekologiczne i działań rolnośrodowiskowo-klimatycznych z elementami GIS	11
Gmina Radków	30.09.2021	Uprawy roślin rolniczych	3

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

Byłam Radną i Przewodniczącą Komisji Rewizyjnej Powiatu Kamiennogórskiego dwóch kadencji (2006 -2014).

W 2014 roku uzyskałam najwyższy IF za opublikowaną pracę na Wydziale Przyrodniczo-Technologicznym.

Jestem ekspertem portalu AgroFakt.pl.

Za działalność naukową, dydaktyczną i organizacyjną otrzymałam nagrody:

- Nagroda Rektora Akademii Rolniczej we Wrocławiu za pracę doktorską pt.: Wpływ terminu i sposobu zbioru fasoli zwyczajnej (*Phaseolus vulgaris* L.) na przyrost masy nasion i wartość użytkową, Wrocław, 2002 r.
- Nagroda Rektora Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu w dziedzinie organizacyjnej, Wrocław, 15 listopada 2007r.
- Nagroda Rektora Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu w dziedzinie organizacyjnej, Wrocław, 2008 r.
- Nagroda Rektora Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu w dziedzinie dydaktycznej, Wrocław, 13 listopada 2009r.

- Nagroda Rektora Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu w dziedzinie organizacyjnej, Wrocław, 14 listopada 2017r.

7.1. Omówienie pozostałych osiągnięć publikacyjnych

7.1.1. Przed uzyskaniem stopnia doktora

Przed uzyskaniem stopnia doktora przeprowadziłam badania z szarłatem (*Amaranthus hypochondriacus* (L.) Thell.), mało znaną wówczas rośliną, co należałoby uznać za innowację. Wprowadzanie nowych gatunków roślin do środowiska uprawy w polskiej strefie klimatycznej wiąże się z procesem adaptacji rośliny, jak i jej patogenów. Jest to niezwykle cenne i poznawcze dla nauki i praktyki rolniczej. Szarłat uprawiany w mniej korzystnych warunkach, znacznych opadów w rejonie Sudetów, jest narażony na ograniczone możliwości ochrony przed porażeniem przez bardziej agresywne patogeny roślinne. Celem pracy było określenie wpływu normy wysiewu i nawożenia N na zdrowotność roślin i zebrany materiał siewny. Zagęszczenie roślin okazało się kluczowym czynnikiem wpływającym na występowanie infekcji powodowanych przez grzyby, a także na zdolność kiełkowania nasion.

Wondolowska – Grabowska A. 1999. Wpływ zróżnicowanej obsady i nawożenia azotem na zdrowotność roślin oraz materiał siewny szarłatu. Bioróżnorodność w fitopatologii europejskiej na przełomie wieków. Sympozjum Naukowe. Poznań, 7-9 września, 151. (Zal. 7a, poz. 93).

Wondolowska – Grabowska A. 2006. The effects of seed and nitrogen fertilization on plant health and seed of amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* (L.) Thell.) Collection of Scientific Papers, Faculty of Agriculture in Ceske Budějovice, Series for Crop Sciences, 30, ISSN 1212-0731, 33-39.
http://xarquon.jcu.cz/zf/veda_a_vyzkum/vedecky_casopis .(Zal. 7a, poz. 83).

Badania z zakresu wpływu czynników agrotechnicznych na wzrost i rozwój roślin bobowatych oraz jakość uzyskanego plonu były podstawą przygotowania mojej pracy doktorskiej pt. Wpływ terminu i sposobu zbioru fasoli zwyczajnej (*Phaseolus vulgaris* L.) na przyrost masy nasion i ich wartość użytkową.

Bardzo ważną grupę przeznaczoną na cele konsumpcyjne, stanowią rośliny bobowate grubonasienne - podstawowe źródło białka i niezbędnych aminokwasów w żywieniu człowieka. Pomimo, iż rośliny te są po zbożach drugim co do ważności źródłem białka w skali globalnej jego produkcji, to jednak nasiona roślin strączkowych mogą dać w optymalnych warunkach klimatycznych i glebowych, dwukrotnie wyższy plon tego składnika niż rośliny zbożowe, gdyż są zasobniejsze w białko w porównaniu z ziarnem zbóż. Fakt ten sprawia, że rośliny strączkowe, w tym także z rodzaju *Phaseolus*, nadal będą uprawiane przez człowieka, a ich nasiona pozostaną znaczącym komponentem w uzupełnianiu diet konsumentów. Znacząca pozycja fasoli w Polsce wynika między innymi stąd, iż wśród warzyw, nasiona roślin strączkowych nie mają i nie znajdują substytutów. Nasiona fasoli, pod względem wartości odżywczej ustępują jedynie nasionom bobu i grochu. Jak wynika z danych COBORU (1997), plon ogólny i handlowy odmian, we wszystkich grupach wielkości nasion utrzymuje się na średnim poziomie, przy dużej zmienności pod

wpływem warunków atmosferycznych w latach badań, dochodzących nawet do 50%. Dlatego podjęłam badania, których celem było określenie wpływu czynnika genetycznego (trzy odmiany fasoli o drobnych – Mela, średnich – Słowianka oraz dużych nasionach – Jubilatka), terminów i sposobów zbioru na dynamikę gromadzenia suchej masy w nasionach, zmiany składu chemicznego nasion, strączyń i łodyg oraz parametry wartości siewnej nasion podczas dojrzewania. Dowiodłam, między innymi, że nasiona pochodzące ze zbioru dwuetapowego (po wyschnięciu całych roślin) charakteryzowały się najwyższą masą 1000 nasion oraz energią i zdolnością kiełkowania, natomiast zebrane dwuetapowo (po wyschnięciu nasion w strąkach) były najzdrowsze i miały najwyższy wigor. Nasiona pochodzące ze zbioru dwuetapowego (po wyschnięciu całych roślin) charakteryzowały się najwyższą masą 1000 nasion oraz energią i zdolnością kiełkowania, natomiast zebrane dwuetapowo (po wyschnięciu nasion w strąkach) były najzdrowsze i miały najwyższy wigor. Wyniki badań są ważne dla praktyki rolniczej i stanowią jednoznaczne wskazanie sposobu zbioru zdrowych nasion o wysokim wigorze.

Wondolowska – Grabowska A. 2001. Wpływ terminu i sposobu zbioru fasoli zwyczajnej (*Phaseolus vulgaris* L.) na przyrost masy nasion i ich wartość użytkową. Cz. I. Skład chemiczny i gromadzenie suchej masy w nasionach. The effect of term and the way of harvesting on growth mass of bean seeds and their sowing qualities. Part I. The chemical composition and dry matter accumulation. Zesz. Nauk. AR Wroc., 415, 95-115. **(Załącznik 7a, poz. 91).**

Wondolowska – Grabowska A. 2001. Wpływ terminu i sposobu zbioru fasoli zwyczajnej (*Phaseolus vulgaris* L.) na przyrost masy nasion i ich wartość użytkową. Cz. II. Masa 1000 nasion, energia i zdolność kiełkowania oraz wigor. Zesz. Nauk. AR Wroc., 415, 117-128. **(Załącznik 7a, poz. 90).**

Wondolowska-Grabowska A. 2002. The sowing of bean seeds cultivated in the conditions of the Sudetes Hillock region, w: Sbornik příspěvků ze IV. ročníku mezinárodní vědecké konference ve spolupráci s MZe ČR a IVV MZe Praha: Agroregion 2002, Divis J. (red.), ISBN 80-7040-558-9, 67-72. **(Załącznik 7a, poz. 89).**

Wondolowska-Grabowska A. 2003. Wpływ terminu i sposobu zbioru fasoli zwyczajnej (*Phaseolus vulgaris* L.) na przyrost masy nasion i ich wartość użytkową. **(Załącznik 7a, poz. 86).**

Wondolowska-Grabowska A., Kotecki A. 2005. Effect of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) harvest date and method on the organic nutrients accumulation rate. EJPAU, Agronomy, Volume 8, Issue 2. ISSN 1505-0297, www.ejpau.media.pl/volume8/issue2/art-21.html **(Załącznik 7a, poz. 86).**

7.2. Po uzyskaniu stopnia doktora

Moja aktywność badawcza, poza monografią naukową stanowiącą osiągnięcie naukowe pt.: „Skład kwasów tłuszczowych oraz wartość i jakość plonu nasion jasno- i ciemnonasiennych odmian lnu oleistego (*Linum usitatissimum* L.) pod wpływem nawożenia azotem, borem i siarką”, skupiła się na następujących obszarach badawczych:

[B1] Doskonalenie agrotechniki rzepaku jarego.

[B2] Wpływ stosowania biostymulatorów, szczepienia nasion *Bradyrhizobium japonicum* oraz nawożenia azotem na skład kwasów tłuszczowych w nasionach soi.

[B3] Ocena składu kwasów tłuszczowych olejów roślinnych, ich wartości odżywczych oraz przydatności do celów technicznych (biodiesla).

[B4] Wpływ zróżnicowanego nawożenia mineralnego na poziom akumulacji mikroelementów, w tym metali ciężkich, w nasionach roślin.

[B5] Obecność metali śladowych w środowisku wodnym.

[B6] Wpływ stymulacji nasion polem magnetycznym oraz nanozwiązkami na parametry kiełkowania nasion.

[B7] Analiza właściwości fizykochemicznych świeżej ikry ryb łososiowatych.

[B1] Doskonalenie agrotechniki rzepaku jarego.

W praktyce polowej możliwości oddziaływania na zmienne warunki pogodowe, które wywierają wpływ na kształtowanie cech morfologicznych i plonotwórczych roślin jest ograniczone i zmusza do weryfikacji innych czynników plonotwórczych, z których nawożenie jest najbardziej istotnym czynnikiem. Największy wpływ na wzrost, rozwój, plonowanie roślin oraz cechy ilościowe i jakościowe wywiera azot. Wysokość nawożenia azotem decyduje o stopniu i sile zmian cech morfologicznych roślin oraz elementów struktury plonu. Dużemu zapotrzebowaniu na azot w uprawie rzepaku towarzyszy zwiększone zapotrzebowanie na inne składniki, w tym makro- i mikroelementy. Zakłada się, że bor obok magnezu, siarki, fosforu i potasu oddziałuje na kondycję roślin i plonowanie.

W Polsce jest blisko 80% użytków rolnych z niedostateczną zasobnością w bor, a mikroelementem tym nie nawozi się systematycznie, co powoduje dalsze wyczerpywanie gleb i w konsekwencji niedobór tego składnika w roślinach, prowadzący do spadku plonowania rzepaku jarego. Niedożywienie plantacji rzepaku borem może spowodować zaburzenia w tworzeniu się nasion, a w konsekwencji spadek plonu nawet o 20%. Dlatego zasadnym było określenie wpływu nawożenia zróżnicowanymi dawkami azotu z dodatkiem boru na wartości cech morfologicznych i elementów struktury plonu trzech odmian rzepaku jarego. W doświadczeniu zastosowano dawki azotu w ilości 80, 120, 160 kg ha⁻¹ N oraz boru w ilości 2 kg ha⁻¹ B w różnych kombinacjach:

- 80 kg·ha⁻¹ N (przedsiewnie),
- 120 kg·ha⁻¹ N (80 kg przedsiewnie + 40 kg pogłównie, w fazie początku pąkowania),
- 160 kg·ha⁻¹ N (80 kg przedsiewnie + 40 kg w fazie rozety liściowej - początku formowania łodygi + 40 kg w fazie początku pąkowania),
- 80 kg·ha⁻¹ N (przedsiewnie) + 2 kg·ha⁻¹ B (w fazie pąkowania),
- 120 kg·ha⁻¹ N (80 kg przedsiewnie + 40 kg pogłównie, w fazie początku pąkowania + 2 kg·ha⁻¹ B (w fazie pąkowania),
- 160 kg·ha⁻¹ N (80 kg przedsiewnie + 40 kg w fazie rozety liściowej. Warunki pogodowe w latach badań istotnie modyfikowały cechy biometryczne roślin i kształtujące plon nasion rzepaku jarego. Wykazałam, że w latach charakteryzujących się wysoką średnią temperaturą powietrza i niską sumą opadów w okresie wegetacji, rzepak może uzyskiwać wysoką masę nasion z łuszczyzny oraz masę 1000 nasion.

Rośliny odmian populacyjnych charakteryzują się wyższym osadzeniem I. rozgałęzienia i liczbą rozgałęzień I. rzędu oraz istotnie wyższą wartością energii i zdolności kiełkowania w porównaniu do odmian heterozyjnych.

Odmiany populacyjne mogą osiągać korzystniejsze wartości elementów kształtujących plon, w tym liczbę i masę nasion z łuszczyzny, a także plon biologiczny w porównaniu do odmian heterozyjnych. Wykazałam także, że w warunkach Niżu Dolnośląskiego nawożenie wysokimi dawkami azotu z dodatkiem boru, pozwala na uzyskanie wysokiej liczby i masy nasion z łuszczyzny.

Wykazałam również, że przebieg warunków pogodowych ma istotny wpływ na zawartość suchej masy, składników organicznych oraz wartość energetyczną nasion rzepaku jarego. W latach ciepłych z wysoką sumą opadów nasiona rzepaku jarego mogą gromadzić wysokie zawartości suchej masy, włókna surowego i bezazotowych związków wyciągowych, natomiast lata chłodne, z umiarkowaną sumą opadów w okresie wegetacji sprzyjają gromadzeniu tłuszczu i osiągnięciu wysokiej wartości energetycznej. Najwięcej białka ogółem nasiona rzepaku jarego akumulują w latach o niskiej sumie opadów w okresie wegetacji roślin.

Stwierdziłam, że nasiona odmian populacyjnych zawierają więcej suchej masy i gromadzą więcej tłuszczu w porównaniu do odmian mieszańcowych, które z kolei charakteryzują się wyższą akumulacją składników popielnych i bezazotowych związków wyciągowych oraz posiadają niższą wartość energetyczną nasion.

Udowodniłam, że dawki azotu powodują wzrost zawartości białka ogółem w nasionach rzepaku jarego, ale jednocześnie bardzo ważnym jest spostrzeżenie, że nawożenie borem nie wywiera wpływu na akumulację tego składnika.

Wondolowska-Grabowska A., Kozak M., Gniadzik M. [i in.]: Poziom akumulacji składników organicznych oraz wartość energetyczna nasion rzepaku jarego (*Brassica napus* L.) nawożonych azotem i borem, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu - Rolnictwo, 2017, vol. 626, nr 123, s.169-182. (Załącznik 7a, poz. 28).

Wondolowska-Grabowska A., Kozak M., Gniadzik M [i in.]: Modyfikacja parametrów morfologicznych i strukturotwórczych roślin rzepaku jarego (*Brassica napus* L.) nawożonych azotem i borem, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu - Rolnictwo, 2017, vol. 626, nr 123, s.145-167. (Załącznik 7a, poz. 30).

Ważnym zagadnieniem w produkcji roślinnej jest wpływ nawożenia na akumulację mikroelementów oraz metali ciężkich w nasionach. Dlatego podjęto badanie dotyczące wpływu nawożenia N, B i S w różnych kombinacjach: N_1 , $N_1 + B_1$, $N_1 + S_1$, $N_1 + B_1 + S_1$, $N_2 + B_2 + S_2$ oraz $N_3 + B_3 + S_3$, gdzie $N_1 - 60$, $N_2 - 100$, $N_3 - 140$ $kg \cdot ha^{-1}$, $S_1 - 30$, $S_2 - 45$, $S_3 - 60$ $kg \cdot ha^{-1}$ i $B_1 - 1$, $B_2 - 1,5$ i $B_3 - 3$ $kgB \cdot ha^{-1}$ i dokonano oceny jakości nasion 3 odmian populacyjnych rzepaku jarego.

Wyniki badań wskazują na istotny wpływ warunków środowiska na koncentrację Cu, Mn, Ni i Zn oraz Ag w nasionach rzepaku jarego. w 2009 roku odnotowano najniższą zawartość Cu (3,98 mg), Ni (4,92 mg) oraz Ag (0,249 mg) w 1000 g nasion. Średnia zawartość srebra w 1000 g nasionach wynosiła 0,389 mg, a najniższa jego wartość wystąpiła u odmiany Svinto i była ona niższa od średniej o ponad 30%. Wysoką koncentrację Pb wykazano w nasionach odmiany Cliper i Heros nawożonych najniższymi dawkami siarki i azotu w kombinacji $N_1 + S_1$ (18,5 $mg \cdot 1000 g^{-1}$), natomiast niższą jego zawartość o około 35% odnotowano w kombinacji nawozowej z zastosowaniem najwyższych dawek $140 kgN + 60 kgS \cdot ha^{-1} + 3 kgB \cdot ha^{-1} \cdot ha^{-1}$ u odmian Cliper i Svinto. Wyniki badań poszerzają wiedzę na temat wpływu nawożenia mineralnego na poziom

akumulacji metali ciężkich w nasion roślin. Informacje te powinny być uwzględniane w ustalaniu norm żywieniowych dla ludzi i zwierząt. Ze względu na najniższą zawartość ołowiu w nasionach, w uprawie rzepaku jarego należy zalecać w praktyce rolniczej stosowanie nawożenia $140 \text{ kgN} + 60 \text{ kgS} \cdot \text{ha}^{-1} + 3 \text{ kgB} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$.

[B2] Wpływ stosowania biostymulatorów, szczepienia nasion *Bradyrhizobium japonicum* oraz nawożenia azotem na skład kwasów tłuszczowych w nasionach soi.

Biostymulatory należą do grupy preparatów, których głównym celem jest ochrona środowiska rolniczego, a także stymulowanie procesów biochemicznych i fizjologicznych rośliny uprawnej w warunkach narażenia na stresy biotyczne i abiotyczne. Celem badań podjętych wraz z zespołem było określenie wpływu wybranych biostymulatorów na cechy biometryczne, plon i skład chemiczny nasion soi. Doświadczenie polowe przeprowadzono z udziałem dwóch odmian soi (Lissabon - średnio wczesna, Merlin - średnio wczesna) oraz czterema biostymulatorami (Optisil, Aminoprim, Naturamin, Plonvit). Biostymulatory zastosowano trzykrotnie w ciągu sezonu wegetacyjnego, tj. w fazie pierwszych liści trójlistkowych, na początku rozwoju pąków kwiatowych oraz na początku zielonego strąka zgodnie z dawkami określonymi dla soi. Po zbiorze określono zawartość białka ogólnego, tłuszczu surowego i makroelementów (N, P, K, Mg, Ca) w nasionach. Zastosowane biostymulatory nie miały istotnego wpływu na cechy morfologiczne soi oraz plon nasion. Interakcja badanych czynników spowodowała istotne różnice w MTN i zdolności kiełkowania. Najwyższą MTN i zdolność kiełkowania stwierdzono u odmiany Merlin po zastosowaniu preparatu Aminoprim. Skład chemiczny nasion pod względem zawartości białka i tłuszczu różnił się istotnie pomiędzy badanymi odmianami soi na korzyść odmiany Lissabon. Optisil spowodował znaczący wzrost zawartości białka i tłuszczu w nasionach. Badania te poszerzają wiedzę na temat możliwości wykorzystania biostymulatorów w produkcji soi oraz ich wpływu na kształtowanie wielkości i jakości plonu nasion. Informacje te mogą być przydatne dla producentów nawozów i posłużyć praktyce rolniczej.

Kozak M., **Wondolowska-Grabowska A.**, Serafin-Andrzejewska M., Gniadzik M., Kozak M.K. 2016. Biostymulatory - wczoraj, dziś i jutro, Rolnictwo XXI wieku – problemy i wyzwania. Łuczycka D. (red.), Idea Knowledge Future, ISBN 978-83-945311-0-2, 114-122. (**Zał. 7a, poz. 49**).

Wondolowska-Grabowska Anna, Jama-Rodzeńska Anna, Zmierczak Marek [i in.]: The use of biostimulants in soybean cultivation and their impact on yield and quality, W: Soybean research for sustainable development / Vollmann Johann [i in.] (red.), 2023, Vienna, University of Natural Resources and Life Science, Vienna, Austria, s.344-344, ISBN 9783900397098 (**Zał. 7a, poz. 2**).

A., Serafin-Andrzejewska M., **Wondolowska-Grabowska A.**, Osiecka A. 2020. The reaction of soybean *Glycine max* (L.) Merr. to the application of TS series stimulators. Polish Journal of Agronomy, 2020;(43), 26–33. DOI:10.26114/pja.iung.425.2020.43.0319, 19, ISBN 978-83-7663-292-6. (**Zał. 7a, poz. 86**).

Efektywność inokulacji bakteriami *Bradyrhizobium japonicum* na wiązanie azotu przez rośliny soi jest znana. Temu pozytywnemu efektowi inokulacji zwykle towarzyszy wzrost plonu nasion soi. Także wpływ azotu na plon nasion, zawartość białka ogółem i tłuszczu surowego został obszernie udokumentowany, ale niewiele jest doniesień dotyczących wpływu nawożenia tym pierwiastkiem na profil kwasów tłuszczowych.

O przydatności oleju sojowego do określonego zastosowania końcowego decyduje skład kwasów tłuszczowych, który wpływa na jego właściwości fizyczne i chemiczne oraz na zdrowie ludzi. Przyjmując za podstawę skład kwasów tłuszczowych można wyliczyć szereg wskaźników oceniających jakość uzyskanego surowca spożywczego. Dlatego podjęłam próbę oceny składu kwasów tłuszczowych i tym samym jakości tłuszczu zawartego w nasionach soi. Jakość zdrowotną lipidów określiłam wyliczając indeksy: konsumencki (CI) i inne OFA, DFA, DFA/OFA, UFA/SFA, PUFA/SFA oraz n-6/n-3. Do wskaźników jakości odżywczej zalicza się również wskaźniki aterogenności (AI) i trombogenności (TI) oraz stosunek kwasów tłuszczowych hipocholesterolemiczny/hipercholesterolemiczny (HH). W wyniku badań wykazałam, między innymi, że czynnikiem silnie determinującym wskaźniki jakości tłuszczu w nasionach soi był przebieg warunków pogodowych w latach badań. Nie wykazano istotnego wpływu dawek azotu i inokulacji nasion *B. japonicum* na kształtowanie indeksów DFA, OFA, HH, AI, TI i CI.

Z badań wynika, że nawożenie azotem przed siewem w ilości 30 kg N·ha⁻¹ wpływa na zwiększenie zawartości kwasów C16:0, C16:1 i SFA, przy jednoczesnym zmniejszeniu zawartości kwasów C18:0 i C20:0.

Zwiększenie dawki azotu do 60 kg N·ha⁻¹ nie przyniosło oczekiwanych zmian, co sugeruje, że dawka "startowa" nieprzekraczająca 30 kg N·ha⁻¹ jest wystarczająca.

Udowodniono, że inokulacja nasion *B. japonicum* prowadzi do obniżenia zawartości SFA i kwasu C16:0 w nasionach. Jest to korzystne z perspektywy zdrowia, ponieważ kwas C16:0 ma wpływ na indeks hipercholesterolemiczny, a jednocześnie jest trzecim najważniejszym kwasem tłuszczowym w nasionach soi. Zwiększenie zawartości kwasu C16:0 negatywnie wpływa na poziom kwasów C18:1, C18:2 i C18:3, obniżając ich ilość o około jedną jednostkę na każdy 1% wzrostu zawartości C16:0.

Wyniki badań sugerują również, że interakcja między odmianą soi a inokulacją ma wpływ na profil kwasów tłuszczowych, zwłaszcza C14:0, C18:3n6 i C20:0. Inokulacja zwiększa zawartość kwasów C14:0 w obu odmianach, a u odmiany 'Aldana' zwiększa C18:3n6 i zmniejsza C20:0. Zastosowanie preparatu HiStick®Soy wpływa na istotnie wyższą zawartość kwasów C18:3n6 i C20:0 w porównaniu do kombinacji z udziałem Nitraginy.

Zawartość kwasów tłuszczowych w oleju jest wskaźnikiem jakości stosowanym do klasyfikacji m.in. odmian soi i produktów sojowych oraz jest kluczowym czynnikiem decydującym o jego ostatecznym wykorzystaniu. Wyniki badań stanowią zatem cenne informacje dla przetwórstwa spożywczego, powinny być także brane pod uwagę przez hodowców przy prowadzeniu prac nad genetycznym doskonaleniem odmian soi w celu uzyskania korzystnego składu i zawartości kwasów tłuszczowych.

Konsekwencją moich analiz chromatograficznych było wprowadzenie do literatury naukowej informacji o występowaniu w nasionach soi kwasów tłuszczowych C4:0, C6:0, C8:0, C10:0 i C11:0, nie raportowanych we wcześniejszej literaturze naukowej i uważam to za istotne osiągnięcie w moim dorobku naukowym.

Dotychczas nie spotkałam w literaturze tak szerokiej i kompleksowej oceny wartości odżywczej uzyskanego tłuszczu z nasion roślin oleistych w badaniach rolniczych. Zatem stanowi to nowatorskie podejście do oceny uzyskanych surowców produkcji roślinnej.

Wyniki tych badań wzbogacają wiedzę na temat możliwości wykorzystania agrotechnicznych zabiegów do kształtowania wartości żywieniowej nasion soi. Mogą być też wykorzystane w procesie zarządzania produkcją towarową, której celem jest uzyskanie surowca o

pożądaną jakości, co jest istotne z punktu widzenia żywienia i promocji dobrego zdrowia. Stanowią także cenną informację dla hodowców nowych odmian soi.

Szpunar-Krok Ewa, **Wondolowska-Grabowska Anna**, Bobrecka-Jamro Dorota [i in.]: Effect of Nitrogen Fertilisation and Inoculation with *Bradyrhizobium japonicum* on the Fatty Acid Profile of Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) Seeds, *Agronomy*, 2021, vol. 11, nr 5, s.1-18, Numer artykułu:941. DOI: 10.3390/agronomy11050941 (**Zał. 7a, poz. 7**).

Szpunar-Krok Ewa, **Wondolowska-Grabowska Anna**: Effect of inoculation with *Bradyrhizobium japonicum* on fatty acids profile in soybean seeds, W: ICA 2021 : 13th International Conference on Agrophysics : agriculture in changing climate : book of abstracts : 15-16 November 2021, Lublin / Zdunek Artur , PacekBieniek Agata, 2021, Lublin, Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego Polskiej Akademii Nauk, s. 191-191, Numer artykułu:P112, ISBN 978-83-89969- 72-9. (**Zał. 7a, poz. 10**).

Wondolowska-Grabowska Anna, Jama-Rodzeńska Anna, Zmierzak Marek [i in.]: The use of biostimulants in soybean cultivation and their impact on yield and quality, W: Soybean research for sustainable development / Vollmann Johann [i in.] (red.), 2023, Vienna, University of Natural Resources and Life Science, Vienna, Austria, s.344-344, ISBN 9783900397098. (**Zał. 7a, poz. 2**).

[B3] Ocena składu kwasów tłuszczowych olejów roślinnych, ich wartości odżywczych oraz przydatności do celów technicznych (biodiesla).

Siemię lniane jest cennym surowcem roślinnym, zawierającym 34-35% tłuszczu, 23% białka, 22% ekstraktu bezazotowego, 9% błonnika, 3% popiołu i 8% wody. Jest szeroko stosowane w przemyśle chemicznym, spożywczym i farmaceutycznym. Działanie prozdrowotne oleju lnianego związane jest głównie z obecnością niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych (NNKT). Średnio składa się on z 50-58% kwasu α -linolenowego, 15% kwasu linolowego i 17% kwasu oleinowego. Jednak korzystny dla zdrowia skład może się różnić w zależności od odmiany. Aby osiągnąć zarówno wysokie plony i najwyższą możliwą jakość surowca, do produkcji rolnej wprowadzane są nowe odmiany lnu, ponieważ czynnik genetyczny może znacząco wpływać na ontogenezę lnu, w tym na zawartość i skład tłuszczu. Wraz z zespołem podjęłam badania, które miały na celu wyselekcjonowanie odmian lnu najlepiej nadających się do produkcji najwyższej jakości oleju, o najbardziej pożądanym zestawie NNKT. Analizie poddano 30 krajowych i zagranicznych odmian lnu pochodzących z takich krajów jak Francja, Holandia, Austria, Wielka Brytania, Estonia, Kanada, Rumunia, Czechy, Niemcy, Belgia i Polska. Porównywałam plon odmian lnu, ich wartość energetyczną, zawartość składników mineralnych i organicznych, plon tłuszczu i białka, a także skład kwasów tłuszczowych. Wykazałam, że dla różnych odmian plon może wahać się od 1,09 do 2,88 Mg·ha⁻¹ z odpowiadającymi wartościami energetycznymi od 121 do 325 MJ·ha⁻¹. Odpowiada to wydajności tłuszczu i białka odpowiednio 420-1162 kg·ha⁻¹ i 302-764 kg·ha⁻¹. Wykazałam, że warunki pogodowe nie wpłynęły na zawartość tłuszczu i białka w nasionach lnu, jak również nie wpłynęły na wydajność tłuszczu, białka i energii z 1 ha. Uzyskano plon nasion w zakresie od 1,09 do 2,88 t·ha⁻¹, zawartość tłuszczu 421,0÷1161,8 kg·ha⁻¹ i zawartość białka - 302,5÷764,3 kg·ha⁻¹ wynikały z czynnika odmianowego. Spośród

porównywanych odmian włóknistych najwyższym plonem charakteryzowały się odmiany Floriana, Venica, Hermes, Electra, Marilyn, natomiast wśród odmian oleistych najwyższe wartości plonu uzyskano u odmian Opal, Raulinus, Athlanta, Oliwin, Flandria. Czynniki genetyczne determinowały zawartość kwasów C16:0, C18:0, C18:2 i C20:1, natomiast lata badań znacząco wpłynęły na profil kwasów tłuszczowych oleju lnianego, a mianowicie: C8:0, C14:0, C14:1, C18:0, C18:1n9c, C18:3n3, C20:2 i C20:3n6 (podane jako suma), nienasycone kwasy C22 (C22:1n9, C22:2, C22:6n3), C24:0, C24:1, MUFA, PUFA, OFA i ich wzajemne proporcje PUFA/MUFA. Wyniki 3 letnich badań są źródłem wiedzy dla hodowców, które mogą pomóc im w kreacji nowych odmian dostosowanych do określonych warunków siedliska. Wyniki badań mogą być przydatne dla producentów lnu oraz stanowić źródło cennych informacji dla przemysłu spożywczego i farmaceutycznego pod kątem doboru odmiany o pożądanym składzie kwasów tłuszczowych i wartości prozdrowotnej.

Wondolowska-Grabowska A. 2015. Skrzyńska E., Kowalska-Górska M., Senze M., Butorac J., Egesel C.O. Comparison of registered flaxseed cultivars in terms of mineral and nutritional composition and harvest efficiency, Sixth International Scientific Agricultural Symposium "Agrosym 2015" : book of proceedings ; Jahorina, Bosnia and Herzegovina, October 15 - 18, Kovacevic Dusan (*red.*), University of East Sarajevo, Faculty of Agriculture, ISBN 978-99976-632-2-1, 742- 749, DOI:10.7251/AGSY1505742W. (angielski) (**Zał. 7a, poz. 73**).

Szerzej zakrojone badania dotyczyły oceny składu kwasów tłuszczowych olejów roślinnych. Materiał badawczy stanowiły w większości oleje roślinne dostępne na rynku krajowym. Ocenie poddano zarówno oleje tłoczone na zimno (tzw. extra virgin), jak i rafinowane. Oznaczono zgodność składu kwasów tłuszczowych z deklaracją producenta, a także porównano ich skład z próbkami surowych tłuszczy otrzymanych w warunkach laboratoryjnych na drodze tłoczenia oraz ekstrakcji dostępnych surowców oleistych. Spośród produktów handlowych porównano oleje rzepakowe i lniane pochodzące od różnych producentów krajowych, oliwę z oliwek o różnym pochodzeniu oraz stopniu zrefinowania, szereg olejów tłoczonych z pestek (morela, wiśnia, winogrona) oraz nasion (sezam, ostropest, wiesiołek), a także inne, mniej popularne oleje, np. z orzechów, ryżu i arganowy. Porównano oleje: rzepakowy, kukurydziany, słonecznikowy, lniany oraz oliwę z oliwek różnego pochodzenia i stopnia rafinacji.

Jakość olejów oceniłam na podstawie składu kwasów tłuszczowych według normy Supelco 37 oraz obliczonych wartości SFA (nasycone kwasy tłuszczowe), UFA (nienasycone), MUFA (jednonienasycone), PUFA (wielonienasycone), DFA (indeks połączonych kwasów tłuszczowych), OFA (hipercholesterolemiczne kwasy tłuszczowe), a na podstawie ODR (wskaźnik desaturacji kwasu oleinowego), LDR (wskaźnik desaturacji kwasu linolowego), Athero i COX (wskaźniki utleniania kwasów), AI (wskaźnik athero), TI (wskaźnik trombogenny) i CI (wskaźnik konsumpcyjny) oraz określono stosunek SFA/UFA, C18: 26/C18:3n3, DFA/OFA), Omega-3/ Omega-6, Ol/(Li+Ln), h/H (stosunek hipocholesterolemiczny do hipercholesterolemicznego).

Wykazałam, na podstawie analiz chromatograficznych, że większość badanych olejów spełniała wymagania w zakresie składu kwasów tłuszczowych, ale nie wszystkie posiadały etykietę producenta z informacją o składzie tłuszczy. Zawartość kwasu erukowego we wszystkich badanych olejach rzepakowych nie przekraczała dopuszczalnych norm. Na podstawie

chromatogramów zauważyłam, że niektóre oleje posiadały domieszki innych tłuszczów, co wskazywałoby na ich fałszowanie.

Wykonane przeze mnie analizy chromatograficzne (pełne spektrum) pozwoliły mi na zastosowanie i wykorzystanie dostępnych indeksów oceny olejów. Uzyskane wyniki stanowią zatem źródło nowej wiedzy na temat rankingu olejów roślinnych uszeregowanych na podstawie tych wskaźników, które określają ich przydatność techniczną, konsumpcyjną i zdrowotną.

wondolowska-Grabowska A. 2009. Tłuszcze roślinne w życiu człowieka. Seminaria Naukowe Wrocławskiego Towarzystwa Naukowego. WTN, Wrocław 2009, ISSN 1642-848X, 8 (59), 133-139. (Załącznik 7a, poz. 80).

Wondolowska-Grabowska A. 2014. Effect of diversified fertilization with nitrogen, sulphur and boron on fatty acids profile in oil flax seeds, *Journal of Elementology*, 2014, vol. 19, nr 4, s.1131-1142. DOI: 10.5601/jelem.2014.19.3.713 (Załącznik 7a, poz. 74).

Wondolowska – Grabowska A. 2018. Zawartość kwasów tłuszczowych w nasionach winogron na tle innych olejów roślinnych. III Konferencja Naukowa. Agrotechniczne aspekty uprawy winorośli i jakości wina w Polsce. WINNICA - TECHNOLOGIA – ENOLOGIA - ZDROWIE, Wrocław, 27-29 czerwca. (referat) (Załącznik 7a, poz. 25).

Wondolowska-Grabowska A., Skrzyńska E., Gniadzik-Zasańska M. [i in.] 2018. Rapeseed oil most often chosen by consumers. What should we know about this product?, *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu -Rolnictwo*, 2018, 628 (125), 73-87. (Załącznik 7a, poz. 23).

Zagospodarowanie glicerolu, stanowiącego produkt odpadowy produkcji biodiesla ma duże znaczenie. Wraz z zespołem podjęłam próbę wykorzystania glicerolu w procesie katalitycznego częściowego utleniania. Przed użyciem w tym procesie każda frakcja tego odpadu została scharakteryzowana w celu identyfikacji i ilościowego określenia głównych zanieczyszczeń. W zależności od stopnia oczyszczenia, stężenie wagowe glicerolu w różnych frakcjach wahało się od 40,3% do 98,2%, zawartość metanolu nie przekraczała 29,1%, sole mineralne (oznaczone jako popiół) wahały się od 0,03% do 6,6%, podczas gdy resztkowa materia organiczna (nie-glicerol i nie-metanol, nazwany tutaj MONG-NM) wynosiła od 0,7% do 22,1%. Reakcję utleniania glicerolu przeprowadzono w fazie ciekłej nad komercyjnym katalizatorem Pt/Al₂O₃ o zawartości 1% mas. Wpływ każdego zidentyfikowanego typu zanieczyszczenia był badany niezależnie, zarówno w obecności, jak i przy braku zasady w mieszaninie reakcyjnej. Wykazano, że MONG-NM jest najbardziej problematycznym związkami, ponieważ silnie utrudnia reakcję utleniania (bardzo wysokie stężenie zanieczyszczeń do 42,7% mas. MONG). Wyniki przedstawione w niniejszej pracy dowiodły, że frakcje surowego glicerolu z komercyjnych zakładów produkcji biodiesla, mogą być stosowane jako surowiec w katalitycznym procesie utleniania glicerolu. W doświadczeniu tym wykonywałam analizę chromatograficzną kwasów tłuszczowych czystego glicerolu i glicerydów w celu oceny zmian składu tych związków po zastosowaniu katalizatorów.

Zgodnie z obowiązującymi wytycznymi Ministerstwa Gospodarki, przedsiębiorcy sprzedający lub zużywający na własne potrzeby paliwa i biopaliwa ciekłe są zobligowani do stosowania odpowiedniej ilości biokomponentów. Rozporządzenia te znane w kraju, jako Narodowe Cele Wskaźnikowe, odpowiadają Unijnym Dyrektywom w zakresie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych. Przepisy zakładają, że udział biopaliw w rynku paliw powinien wzrosnąć do min 10%. Biorąc pod uwagę znaczący tonaż produkcji oraz fakt, iż dominująca większość biodiesla na rodzimym rynku wytwarzana jest z oleju rzepakowego,

stwarza to zagrożenie nadmiernego wzrostu cen tłuszczu przeznaczonego na cele spożywcze. Aby uniknąć zaognienia konfliktu na płaszczyźnie „żywność vs paliwo” konieczna staje się dywersyfikacja bazy surowcowej stosowanej do produkcji biodiesla.

W badaniach skoncentrowałam się wraz z zespołem na nasionach roślin oleistych dostępnych na rodzimym rynku, poddając badaniom porównawczym stosunkowo nietypowe z punktu widzenia produkcji biopaliw surowce olejowe, takie jak: nasiona maku o barwie niebieskiej i białej, nasiona czarnuszki, gorczyca białej i czarnej, lnianki, konopi, chia, babki płesznik, rzodkwi oleistej, łubinu wąskolistnego oraz ziarna pszenicy. Do badań porównawczych wybrano nasiona rzepaku jarego oraz ozimego, a także jasno- i ciemnonasienne odmiany lnu oleistego oraz nasiona lnu włóknistego. Olej pozyskiwano na drodze tłoczenia na zimno i/lub ekstrakcji chemicznej z nasion.

Ocenie poddawano właściwości zarówno wydzielonych tłuszczów, jak i otrzymanych z nich estrów metylowych. Za kluczowe parametry uznano lepkość, gęstość, właściwości nisko- oraz wysokotemperaturowe, które odniesiono do wytycznych zawartych w tzw. ustawie biopaliwowej [3] i normie PN-EN 14214. Dla wszystkich tłuszczów i paliw określono również wartości liczb charakterystycznych oraz porównano skład kwasów tłuszczowych. W doświadczeniu wykazano, iż spośród badanych olejów dobrymi parametrami do produkcji biodiesla wyróżnił się, między innymi, mak, czarnuszka, chia ze względu na niską wartość lepkości i niską temperaturę zapłonu, kolejno 167°C, 173°C, 178°C oraz niską zawartość nienasyconych kwasów tłuszczowych.

Badania te stanowią istotny wkład w rozwój wiedzy w zakresie możliwości wykorzystania alternatywnych roślin oleistych do produkcji biodiesla.

Skrzyńska E., **Wondolowska-Grabowska A.**, Capron M. [i in.] **2014**. Crude glycerol as a raw material for the liquid phase oxidation reaction, *Applied Catalysis A-General*, 482, 2014, 245-257, DOI:10.1016/j.apcata.2014.06.005 (**Zał. 7a, poz. 70**).

Dumeignil F., Mimura N., Zaid S., Girardon J-S., **Wondolowska-Grabowska A.**, Skrzyńska E., Capron M. **2015**. “*Heterogeneous Catalysis for Liquid Phase Upgrading of Glycerol: Tackling Two Main Issues Toward Industrialization*”, 106th AOCS Annual Meeting and Industry Showcases, May 3-6, **2015**, Rosen Shingle Creek, Orlando, Florida, USA. (**Zał. 7a, poz. 74**).

Stalmach E., Szynal M., Tomczyk M., **Wondolowska-Grabowska A.**, Skrzyńska E. **2015**. Nasiona oleiste w produkcji biodiesla – surowce znane i nietypowe. VIII Kongres Technologii Chemicznej. Surowce - energia - materiały. Rzeszów, Polska. 30 sierpnia – 4 września 2015. (poster) <http://techem8.portal.prz.edu.pl/28.01.2016> (**Zał. 7a, poz. 70**).

Skrzyńska Elżbieta, **Wondolowska-Grabowska Anna**, Stalmach Edyta [i in.]: Zastosowanie niekonwencjonalnych surowców oleistych w syntezie biodiesla, *Przemysł Chemiczny*, 2016, vol. 95, nr 10, s.1952-1955. DOI:10.15199/62.2016.10.20 (**Zał. 7a, poz. 39**).

Skrzyńska E., Krupa-Żuczek K., **Wondolowska-Grabowska A.**, Nowak A.K., Wzorek Z. **2017**. Nasiona roślin z rodziny *Brassicaceae* i ich możliwe zastosowanie. 42. Międzynarodowe Seminarium Nukowo-Techniczne „Chemistry for Agriculture”, 26-29 listopad 2017, Karpacz, 13. (**Zał. 7a, poz. 74**).

[B4] Wpływ zróżnicowanego nawożenia mineralnego na poziom akumulacji mikroelementów, w tym metali ciężkich, w nasionach roślin.

Płynne nawozy mikroelementowe i ich łączna aplikacja z nawozami makroelementowymi (Mg, N) w uprawach polowych lnu włóknistego skutkuje wysoką efektywnością ekonomiczną. Badania nad nawożeniem dolistnym są również ściśle związane z oceną jakości uzyskanego plonu. Wykazano, że niektóre mikroelementy są niezbędne dla roślin, a ich niedobór lub nadmiar negatywnie wpływa na funkcje życiowe roślin, co prowadzi do zmniejszenia i/lub pogorszenia jakości plonu. W badaniach własnych wykazałam, że dokarmianie lnu nawozami dolistnymi zawierającymi magnez i azot, zwłaszcza kombinowanymi i stosowanymi dwukrotnie, spowodowało wzrost plonu nasion o 58 kg i słomy o 450 kg z hektara. Natomiast mikroelementy stosowane dolistnie nie poprawiły jakości włókna, a aplikacja boru nieznacznie obniżyła jego wytrzymałość. Głównym celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu czynnika odmianowego oraz poziomu nawożenia mikro- i makroelementami na wielkość i jakość uzyskanego plonu. Wykazałam, że całkowity plon odziarnionej słomy i czesanego długiego włókna, zależał od warunków pogodowych i poziomu nawożenia mineralnego. Wykazałam że najwyższy plon odziarnionej słomy i czesanego długiego włókna można uzyskać stosując nawożenie z udziałem B, Cu, Mo, Mn lub stosowanie nawozów wieloskładnikowych zawierających makro- i mikroelementy.

Za istotne w tych badaniach uznaje się wykazanie, że komplementarne nawożenie mikroelementami wpływa na wzrost plonu słomy, ale powoduje obniżenie jej jakości. Uzyskane wyniki badań są przydatne dla przemysłu włókienniczego oraz praktyki rolniczej.

Wondolowska-Grabowska A. 2005. The effect of macro- and microelements fertilization on sowing value of linen seeds and technical value of linen fibre. 2005, NAROSSA: 11th International Conference for Renewable Resources and Plant Biotechnology, raport naukowo-badawczy, 1-9. (**Zał. 7a, poz. 85**).

Wondolowska-Grabowska A. 2007. Możliwości uprawy roślin włóknistych na terenie Dolnego Śląska. Znaczenie gospodarcze i wartość użytkowa lnu i konopi. Die wirtschaftliche Bedeutung bei der Nutzung von leinen und Hanf. Uprawa i wykorzystanie roślin włóknistych na Dolnym Śląsku. Anbau und Nutzung von Naturfasen in Niderschlesien. NOT, Wrocław 25 września. (polski) (**Zał. 7a, poz. 82**).

W kolejnym, trzyletnim doświadczeniu polowym oceniałam reakcję 3 odmian lnu oleistego (Oliwin, Opal, Szafir) nawożonych nawozami jedno- i wieloskładnikowymi zawierające mikro- i makroelementy: N, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn, Na₂O (Insol K, Plonvit R) na cechy morfologiczne roślin oraz elementy struktury plonu, energię i zdolność kiełkowania oraz plon nasion i słomy. Wykazałam, że przebieg warunków pogodowych decydował istotnie o wszystkich badanych parametrach morfologicznych i struktury roślin lnu oleistego, o energii i zdolności kiełkowania nasion, udziale masy słomy odziarnionej, nasion i plew w strukturze z 1 rośliny oraz plonie słomy i nasion lnu oleistego, natomiast czynnik genetyczny nie miał wpływu na liczbę rozgałęzień i liczbę torebek na roślinie. Odmiana Szafir uzyskała, w porównaniu do badanych odmian, najwyższą masę 1000 nasion, energię i zdolność kiełkowania oraz plon nasion. Stwierdziłam korzystny wpływ stosowania 20 kg · ha⁻¹ N, nawozu wieloskładnikowego Plonvit R w ilości 2 l · ha⁻¹ oraz 50 kg · ha⁻¹ S na wielkość plonu nasion.

Najkorzystniej na wartość siewna nasion (energię i zdolność kiełkowania) uzyskałam pod wpływem nawożenia podstawową dawką NPK w połączeniu z borem i molibdenem oraz nawozem Insol K.

Przeprowadzone badania poszerzają wiedzę w zakresie nawożenia lnu oleistego - wielkość plonu nasion i wartość siewną.

Wondolowska-Grabowska A. 2011. Modyfikacja parametrów morfologicznych i strukturotwórczych roślin lnu oleistego nawożonych makro- i mikroelementami. Modification of

morphological and structure – forming parameters of oil flax plants of fertilization with macro- and microelements. Rol. XCIX, 2011, 582, 143-158. (Zal. 7a, poz. 77).

Wondolowska-Grabowska A. 2011. Wysokość i jakość plonu lnu oleistego nawożonego makro- i mikroelementami. Yield and quality of oil flax fertilization of macro- and microelements. Rol. XCIX, 2011, 582, 159-173. (Zal. 7a, poz. 78).

Wondolowska-Grabowska A. 2012. Effect of diversified fertilization with sulphur, boron and nitrogen on fatty acids profile in oil flax seeds. Mikroelementy w rolnictwie, Głuchołazy 11–14 września 2012. (Zal. 7a, poz. 76).

W innym doświadczeniu dokonałam porównania kumulacji makro- i mikroelementów w nasionach 11 odmian lnu oleistego, przy stałym nawożeniu NPK ($40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$, $70 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$ $40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$). Wykazałam, że nasiona kumulują w 1 kg s,m, średnio: 4,22 g N, 0,41 g Mg, 0,53 g P, 0,51 g K, 0,12 g Ca, 0,029 mg Ca, 16,4 mg Cu, 5,12 mg Ni, Cu, 26,1 mg Mn, 70,1 mg Zn, 11,8 mg Pb, 1,44 mg Cd, 149,8 mg Fe i 0,39 mg Ag. Wraz z zespołem wykazałam, że warunki pogodowe istotnie różnicują P, Ca, Cu, Mn, Fe, Ni, Cd i Ag w nasionach lnu oleistego. W nasionach badanych odmianach stwierdzono duże zróżnicowanie zawartości Cu, Mn, Fe, Ni i Zn. Przykładowo zawartość Cu wahała się od około 13,6 do prawie 19 mg·kg⁻¹, natomiast manganu w granicach 18,7-38,0 mg·kg⁻¹. Badane odmiany różniły się znacznie pod względem zawartości Zn, Cd, Ni i F w nasionach. Wartości te były wyższe o około 1,45 razy dla Cd i Zn, o 1,6 razy dla Ni, a dla Fe wartości były wyższe o około 3,5 razy.

Na podstawie doświadczenia wykazałam, że spośród porównywanych odmian lnu oleistego najwyższą zawartością Mn i Fe charakteryzowała się odmiana Micael, gdyż przewyższała średnią wartość uzyskaną w doświadczeniu kolejno o 45,6% i 115,9%. Z kolei odmiana Opal kumulowała w nasionach istotnie wyższe zawartości Cu (18,9 mg·kg⁻¹), Ni (6,12 mg·kg⁻¹), Zn (81,2 mg·kg⁻¹) i Pb (13,4 mg·kg⁻¹), natomiast odmiana Szafir wyróżniła się najwyższą zawartością Cd.

Przeprowadzone badania pozwalają formułować jednoznaczny wniosek, że selekcja odmianowa w produkcji rolniczej ma fundamentalne znaczenie i jest ważnym elementem optymalizacji produkcji. Wyniki badań mogą być wykorzystane przez praktykę rolniczą i być pomocne hodowcom w selekcji odmian lnu oleistego. Wyniki tych badań powinny być również uwzględniane w ustalaniu dawek żywieniowych ludzi i zwierząt.

Wondolowska-Grabowska Anna, Skrzyńska Elżbieta, Lewicka Danuta, Kowalska-Górska Monika, Senze Magdalena : Accumulation of microelements (Cu, Mn, Fe, Ni, Zn) and heavy metals (Cd, Pb) in seeds of selected oil flax varieties, 2016, 13th International Conference Microelements in Agriculture and Environment 2016, poster. (Zal. 7a, poz. 43).

Wondolowska-Grabowska Anna, Kozak Marcin, Skrzyńska Elżbieta [i in.]: Ocena zdolności wiązania metali ciężkich i mikroelementów u wybranych odmian lnu oleistego i włóknistego, W: Konferencja Naukowo-Dydaktyczna Alternatywne kierunki hodowli i produkcji roślin", 2019, Szczecin, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, s.19-19, ISBN 978-83-7663-292-6. (Zal. 7a, poz. 21).

Wondolowska-Grabowska Anna, Skrzyńska Elżbieta, Kotecki Andrzej, Kozak Marcin, Lewicka Danuta : The effect of fertilization with nitrogen, sulfur and boron on the content of microelements

(Cu, Mn, Fe, Ni, Zn), heavy metals (Cd, Pb) and silver (Ag) in rape seeds, 2016, 13th International Conference Microelements in Agriculture and Environment 2016, poster, (**Zał. 7a, poz. 44**).

Wondolowska-Grabowska Anna, Skrzyńska Elżbieta, Kotecki Andrzej [i in.]: The effect of fertilization with nitrogen, sulfur and boron on the content of microelements (Cu, Mn, Fe, Ni, Zn), heavy metals (Cd, Pb) and silver (Ag) in rape seeds, W: Proceedings of the 13th International Conference Microelements in Agriculture and Environment, Kudowa-Zdrój, 21- 24.06.2016 / Grzyś Edward, Patorczyk-Pytlik Barbara, Rafalska Teresa (red.), 2016, Wrocław, Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, s.77-77, ISBN 978-83-7717-239-1. (**Zał. 7a, poz. 45**)

Wondolowska-Grabowska Anna, Skrzyńska Elżbieta, Lewicka Danuta [i in.]: Accumulation of microelements (Cu, Mn, Fe, Ni, Zn) and heavy metals (Cd, Pb) in seeds of selected oil flax varieties, W: Proceedings of the 13th International Conference Microelements in Agriculture and Environment, Kudowa-Zdrój, 21-24.06.2016 / Grzyś Edward, Patorczyk-Pytlik Barbara, Rafalska Teresa (red.), 2016, Wrocław, Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, s.58-58, ISBN 978-83-7717-239-1. (**Zał. 7a, poz. 46**)

[B5] Obecność metali śladowych w środowisku wodnym.

Obecność metali śladowych w środowisku wodnym jest odzwierciedleniem warunków panujących w zlewni i problem ten jest szczególnie istotny w przypadku zbiorników retencyjnych wykorzystywanych jako źródło wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Na jakość wody retencjonowanej w zbiornikach zaporowych mają wpływ takie czynniki, jak charakter zlewni zbiornika, sąsiedztwo przemysłu, obszarów wykorzystywanych rolniczo czy oczyszczalni ścieków. Ma to również swoje odzwierciedlenie w obecności metali śladowych w wodzie i osadach dennych, a także roślinach czy zwierzętach wodnych. Jednakże głównym miejscem depozycji związków metali śladowych są osady denne odkładane w czaszy zbiornika, których skład i charakterystyka wynikają z oddziaływania zlewni na dany zbiornik. Celem badań była ocena stopnia zanieczyszczenia osadów dennych zbiornika zaporowego metalami śladowymi, których potencjalnym źródłem może być przemysł i działalność rolnicza.

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że poziom Al i metali ciężkich w osadach był najwyższy w rzece Nysa Szalona, a najniższy w rzece Strzegomka, co było również widoczne we współczynniku koncentracji (CF-współczynnik zanieczyszczenia aluminium i metalami ciężkimi w odniesieniu do poziomu zanieczyszczenia). W zależności od pory roku, wyższe zawartości Al w osadach notowano jesienią niż wiosną, co znalazło również odzwierciedlenie w współczynniku koncentracji (CF). Na całej długości biegu rzeki obserwowano stopniowe obniżanie się zawartości Al w kolejnych dopływach Nysy Szalonej i Strzegomki. Ogólny obraz ładunku Al i metali ciężkich w badanych osadach wskazuje na najniższy ładunek w Strzegomce, jedynie współczynnik wzbogacenia (EF) był najniższy dla Nysy Szalonej: wskaźnik zanieczyszczenia metalami (MPI)-S < B < NS, współczynnik zanieczyszczenia (Cf)-S < B < NS, stopień zanieczyszczenia (DC)-S < NS < B, EF-NS < B < S, wskaźnik geoakumulacji (Igeo)-S < B < NS, CF-S < NS < B. Nie stwierdzono wpływu wielkości zlewni i długości rzeki na poziom Al. Wielkość zlewni i długość rzeki nie miały wpływu na zawartość Al w osadach. Badania te są szczególnie ważne ze względu na zdrowie ludzi. Człowiek dostarcza glin do organizmu, poza pożywieniem, lekami lub kosmetykami, wraz z wodą pitną. Pierwiastek ten dostaje się do organizmu także drogą oddechową i odkłada się głównie w kościach, płucach, wątrobie. Pierwiastek ten jest toksyczny dla organizmu, a nadmierne odkładanie się Al w tkankach człowieka ma znaczenie w powstawaniu chorób Parkinsona oraz Alzheimer'a.

Jednolite części wód powierzchniowych działają jak filtry, zatrzymując zanieczyszczenia spływające do nich z obszarów zlewni. Akumulacja zanieczyszczeń ma miejsce w tkankach organizmów żywych i w osadach dennych, które w stabilnych warunkach są akumulowane i nie stanowią zagrożenia dla środowiska wodnego. Mogą one jednak zostać uwolnione do wody podczas powodzi, wybuchów wulkanów, trzęsień ziemi, prac budowlanych prowadzonych przez człowieka w zlewni lub w samym korycie rzeki lub w samym korycie rzeki. W wodach płynących na odcinkach górskich osadzanie się osadów odbywa się w raczej niewielkim zakresie. Zbyt szybki prąd wody nie pozwala na wychwytywanie materii organicznej i mineralnej. i mineralnych. Nagromadzenie jej niewielkiej ilości w górskim odcinku rzeki latem i jesienią wraz z wiosennymi roztopami jest wypłukiwana, gdy duże masy wody spływają w dół rzeki, często z ogromną siłą. Tworzenie i utrzymywanie się osadów jest możliwe tylko na odcinku nizinnym, kiedy prąd wody staje się wolniejszy a proces sedymentacji jest widoczny. Osady denne, które gromadzą się w korycie rzeki działa jak swego rodzaju magazyn zanieczyszczeń. Zawiera on martwe szczątki roślin i zwierząt, ale także związki chemiczne płynące z wodą. Koryta rzeczne ulegają modyfikacjom, najczęściej przeprowadzanym na terenach podgórskich i w miastach. Regulacja obejmuje nie tylko koryto rzeki, ale także brzegi. Rzeki są nadmiernie prostowane, woda płynie szybko, co nie sprzyja gromadzeniu się osadów dennych. Podobne modyfikacje hydrotechniczne zastosowano w badanych rzekach Dolnego Śląska: Nysie Szalonej, Strzegomce i Bystrzycy oraz ich dopływów, które stanowią główne źródło zasilania zbiorników zaporowych. Rzeki te są szczególnie ważne, gdyż z nich pozyskiwana jest woda dla dolnośląskich aglomeracji miejskich Dolnego Śląska. Rzeki te różnią się między innymi długością i strukturą zlewni. W osadach dennych zwykle stwierdza się obecność związków organicznych i mineralnych w różnych w różnych proporcjach. Poziom związków mineralnych w zbiornikach wodnych zależy od ich zawartości w zlewni, ale może być także wynikiem ich uwalniania z osadów dennych. Znaczną ilość w osadach zajmują związki glinu, które w warunkach naturalnych nie mają negatywnego wpływu na życie w zbiorniku oraz na jakość pozyskiwanej z niego wody.

Osady z trzech rzek południowo-zachodniej Polski i ich dopływów wykorzystano w eksperymencie laboratoryjnym dotyczącym uwalniania metali (Al, Cu, Ni, Cd, Zn, Fe, Mn). Migrację metali badano przy różnych wartościach pH (pH 3,93, pH 7,29, pH 9,59) w czasie 96 h. Stężenie Al było najwyższe w Bystrzycy, a najniższe w Strzegomce; stężenia innych metali były najwyższe w Nysie Szalonej, a najniższe w Strzegomce. Wartości pH i przewodności elektrolitycznej wzrastały przez cały czas trwania eksperymentu w środowisku kwaśnym i obojętnym. Spadek pH wody zaobserwowano w warunkach alkalicznych, ale przewodność osiągnęła wyższe wartości w miarę upływu czasu. Uwalnianie glinu wykazało wzrost wartości, a następnie spadek. Największe ilości glinu zostały uwolnione z osadów z Nysy Szalonej, a najmniejsze ze Strzegomki. Największą migrację glinu zaobserwowano w środowisku kwaśnym. Podobne obserwacje poczyniono dla Mn i Zn: Strzegomka < Nysa Szalona < Bystrzyca. W przypadku Cu, Cd, Fe i Ni najwyższe wartości odnotowano w osadach w środowisku zasadowym. Ilość metali migrujących z osadów do wody pozostaje na podobnym poziomie, jak przedstawili to inni badacze. Więcej metali jest uwalnianych w warunkach kwaśnych. Najbardziej intensywną migrację metali odnotowano na początku eksperymentu. Eksperyment ten pokazuje istniejący trend migracji metali z osadów do wód naddennych, co jest istotne z punktu widzenia wykorzystania wody do celów pitnych. W zadowalającym stopniu osady w zróżnicowanych środowiskach zachowują się na tyle przewidywalnie, że jakość wody surowej w tych warunkach nie jest zagrożona, co potwierdzają normy środowiskowe i zdrowotne. Przeprowadzone badania dotyczą specyficznego obszaru południowo-zachodniej Polski, dla którego tego typu badania nie były prowadzone.

Uzupełnieniem tych badań były czteroletnie badania prowadzone na roślinach wodnych (mozga trzciniowata) rosnących w korytach trzech rzek i ich dopływów na Dolnym Śląsku. W próbkach roślin oznaczono zawartość metali (Cu, Cd, Ni, Pb, Zn, Fe, Mn), obliczono akumulację metali w wodzie (BCFw) i osadach (BCFB), wskaźnik zanieczyszczenia metalami (MPI) oraz współczynnik wzbogacenia (EF). Najwyższe zawartości miedzi, ołowiu, niklu i kadmu stwierdzono w trzcinnie pospolitej pobranej z rzeki Nysa Szalona. Najwyższe wartości odnotowano dla cynku w rzece Bystrzyca, a dla żelaza i manganu w rzece Strzegomce. Serie metali przedstawiały się następująco: Nysa Szalona i Strzegomka: Cd < Ni < Pb < Cu < Zn < Mn < Fe, Bystrzyca: Cd < Ni < Cu < Pb < Zn < Mn < Fe. W całym okresie badawczym najniższe wartości metali w roślinach odnotowano w 2015 i 2018 roku, a najwyższe w 2017 roku. Ogólny obraz MPI w roślinach wodnych układa się w szereg Bystrzyca < Strzegomka < Nysa Szalona. Wartości te klasyfikują badany materiał na wysokim poziomie zanieczyszczenia we wszystkich rzekach. W porównaniu dwóch skrajnych miejsc, tj. źródło-ujście, wyższe wartości stwierdzono przy ujściu zbiornika, co sugeruje, że metale przemieszczają się z prądem wody i kumulują się bardziej z kierunkiem przepływu rzeki, co jest najprawdopodobniej konsekwencją wpływu zlewni jako źródła metali. Serie wartości współczynnika wzbogacenia EF były następujące: Bystrzyca-Ni < Cd < Fe < Cu < Zn < Mn < Pb, Nysa Szalona-Ni < Fe < Zn < Cd < Mn < Cu < Pb, Strzegomka-Ni < Cd < Fe < Zn < Cu < Pb < Mn. Dla wszystkich badanych próbek wartości stwierdzone wiosną były znacznie wyższe niż jesienią, co wskazuje na duże znaczenie dla badań w tym obszarze. Poziomy miedzi i żelaza mieściły się w zakresie wartości umiarkowanych, ołów i mangan osiągały wartości bardzo wysokie i wyjątkowo wysokie, a pozostałe metale mieściły się w wartościach określanych jako znaczące. Bioakumulacja metali określona względem osadów dennych była najwyższa w 2017 r. i najniższa w 2018 r., podczas gdy bioakumulacja względem wody była najwyższa w 2018 r. i najniższa w 2016 r. Czteroletnie badania wykazały, że zawartość metali w trzcinnie kanaryjskiej mieściła się w większości w zakresie średnich wartości przedstawionych w literaturze z umiarkowanie zanieczyszczonych obszarów. Nie stwierdzono również znaczących odchyłań od poziomów odnotowywanych w tych samych rzekach od ponad dwóch dekad.

Senze Magdalena, Kowalska-Górska Monika, **Wondolowska-Grabowska Anna. 2017.** Ocena zanieczyszczenia osadów dennych metalami śladowymi na przykładzie nizinnego zbiornika zaporowego w miejscowości Słup na Dolnym Śląsku, *Ochrona Środowiska*, 2017, vol. 39 , nr 4, s.51-56 (**Zał. 7a, poz. 32**).

Senze, M.;Kowalska-Górska, M.; Czyż, K.;**Wondolowska-Grabowska, A.**;Łuczyńska, J. **2021.** Aluminum in Bottom Sediments of the Lower Silesian Rivers Supplying Dam Reservoirs vs.Selected Chemical Parameters.*Int. J.Environ. Res. Public Health*,18,13170, doi.org/10.3390/ijerph182413170. (**Zał. 7a, poz. 8**).

Senze Magdalena, Kowalska-Górska Monika, Czyż Katarzyna, **Wondolowska-Grabowska A. 2022.** Possibility of Metal Accumulation in Reed Canary Grass (*Phalaris arundinacea* L.) in the Aquatic Environment of South-Western Polish Rivers, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 19, nr 13, s.1-40, Numer artykułu:7779. DOI:10.3390/ijerph19137779 (**Zał. 7a, poz. 3**).

Senze Magdalena, Kowalska-Górska Monika, Czyż Katarzyna, **Wondolowska-Grabowska A. 2023.** Release of Selected Metals (Al, Cd, Cu, Mn, Ni, Fe, Zn) from River Bottom Sediments: An Experimental Study, *Limnological Review*, vol. 23, nr 2, s.50-69. DOI:10.3390/limnolrev23020004(**Zał. 7a, poz. 1**).

[B6] Wpływ stymulacji nasion polem magnetycznym oraz nanozwiązkami na parametry kiełkowania nasion.

Jedną z metod zwiększania plonów w nowoczesnym, zrównoważonym rolnictwie jest zwiększenie szybkości kiełkowania i poprawa wigoru sadzonek. Istnieją różne metody wstępnej obróbki nasion w celu stymulowania kiełkowania i wzrostu siewek, w tym obróbka termiczna, gruntowanie nasion, powlekanie nasion, nietermiczna obróbka plazmowa, napromieniowanie laserowe lub napromieniowanie gamma. Jedną z obiecujących technik jest ekspozycja nasion na pole elektromagnetyczne (EMF) lub magnetyczne (MF). Wpływ MF lub EMF na obiekty biologiczne może odnosić się do różnych zjawisk, takich jak zachowanie cząstek magnetycznych, pierwiastków paramagnetycznych i wolnych rodników, indukcja prądów w tych obiektach, zmiana energii oddziaływań wewnątrzatomowych i międzyatomowych oraz zmiana zachowania składników wody. MF wpływają na funkcje fotosyntetyczne roślin i aktywność enzymów.

Przesłanki te zapoczątkowały serię badań nad nasionami roślin ogrodniczych i uprawnych. Wraz z zespołem zbadalam wpływ stymulacji magnetycznej nasion ogórka przy użyciu magnesów Bittera ze stałym polem magnetycznym. Proces magnetyzacji przeprowadzono w trzech polach magnetycznych: niskim-200 mT, średnim-1 T i wysokim-9 T przez 15 i 60 min. Po kiełkowaniu określone zostały parametry biometryczne. Aby kompleksowo ocenić wpływ pola magnetycznego i czasu zabiegu, wprowadzono wskaźniki uwzględniające liczbę skiełkowanych nasion oraz mierzalne parametry siewek: indeks wigoru A (kiełkowanie (%) \times długość siewki) i indeks wigoru B (kiełkowanie (%) \times sucha masa siewki). Wyniki badań wskazują, że ogórek po wstępnej obróbce w polu magnetycznym 1 T przez 60 minut ma podobną zdolność kiełkowania i długość korzeni jak próbka kontrolna. Jednakże nasiona ogórka namagnesowane w polu 1 T przez 60 min mają istotnie wyższą suchą masę niż próbka kontrolna ($5,50 \pm 0,32$ mg vs. $3,01 \pm 0,18$ mg). Magnetyzacja w polu 9 T przez 15 i 60 minut pokazuje, że próbki te mają znacznie niższą zdolność kiełkowania ($86,8 \pm 4,4\%$ i $81,4 \pm 7,3\%$ vs. $91,8 \pm 3,2\%$) i długość korzeni ($1,78 \pm 0,02$ cm i $4,42 \pm 0,83$ cm vs. $8,21 \pm 0,34$ cm) w porównaniu do próbki kontrolnej. Nasiona ogórka poddane wstępnej obróbce przy 9 T miały znacznie większą suchą masę niż próbka kontrolna. Niezależnie od natężenia pola magnetycznego, czas magnesowania 15 min był najkorzystniejszy dla uzyskania najwyższych wartości indeksu wigoru B. Wykazano, że wydłużenie czasu ekspozycji nasion na działanie pola magnetycznego powodowało zmniejszenie długości części nadziemnej siewki oraz wartości indeksu wigoru B, natomiast wraz ze wzrostem wartości tej zmiennej długość korzenia i wartość indeksu wigoru A wzrosła. Dodatkowo badania pokazują, że niektóre natężenia pola magnetycznego i czasy trwania magnesowania hamują wzrost korzeni i ograniczają kiełkowanie. Wyniki te są ważne, bowiem stanowią wskazówkę jakich wartości pól magnetycznych należy unikać. Badania te wnoszą wkład w rozwój nauki. Mogą być także podstawą do rozwoju na szerszą skalę przedsięwziętej stymulacji materiału siewnego, także gorszej jakości, w celu poprawy parametrów kiełkowania nasion, a przez to osiągnięcia przez rolników większej polowej zdolności wschodów, szczególnie w warunkach stresu. Wyniki badań zachęcają do dalszej ich kontynuacji i weryfikacji efektów w warunkach polowych.

Pentoś, K., Wondolowska-Grabowska, A., Gajda, G., Babij, M., Chohura, P., Zaleski, A., Szpunar-Krok, E., Jobczyk, W., Romaniuk, A., Gajda, D. 2022. The Effect on the Germination Vigour of Cucumber Seeds after Receiving Magnetic Field Treatment Pre-Sowing. *Applied Sciences-Basel*, 12, 1–10. <https://doi.org/10.3390/app12115490> (Zał. 7a, poz. 4).

Celem badań było określenie wpływu nanokolloidów miedzi na konserwację ziarna pszenżyta oraz pszenicy ozimej i jarej. Badane nasiona poddane zostały działaniu nanokolloidów miedzi (CuNP) o stężeniach: 0 mg·dm⁻³- kontrola, 1mg·dm⁻³, 5 mg·dm⁻³, 10 mg·dm⁻³, 15 mg·dm⁻³ oraz 20 mg·dm⁻³. Badano energię i zdolność kiełkowania nasion. Wykazano, że średnia wartość zdolności kiełkowania nasion pszenicy była istotnie wyższa dla formy jarej i wynosiła około 94%. Nie wykazano wpływu zróżnicowanych stężeń nanomiedzi na wartość energii i zdolności kiełkowania ziarna pszenicy. Najkorzystniejszym stężeniem dla uzyskania wysokiej wartości energii i zdolności kiełkowania dla Triticale było 5 mg·dm⁻³. Zaobserwowano także, że zastosowanie zbyt wysokiego stężenia CuNP może spowodować spadek energii i zdolności kiełkowania.

[B7] Analiza właściwości fizykochemicznych świeżej ikry ryb łososiowatych.

Celem badań była analiza właściwości fizykochemicznych świeżej ikry (surowca do produkcji kawioru) ryb łososiowatych (troci wędrowniej, pstrąga tęczowego, jesiotra syberyjskiego, a także hybryd jesiotra). Badania obejmowały określenie podstawowych parametrów fizykochemicznych (pH, sucha masa, zawartość białka, tłuszczu, błonnika i popiołu), składu aminokwasowego i profilu kwasów tłuszczowych. w porównaniu z ikrą jesiotra, ikra ryb łososiowatych charakteryzowała się o 22,5% wyższą zawartością białka całkowitego, o 40,0% wyższym poziomem aminokwasów egzogennych (EAA) i o 57,5% niższą zawartością tłuszczu surowego. Ikra troci wykazała również zupełnie inny profil kwasów tłuszczowych, a tym samym wartości wskaźników lipidowych (najniższa wartość PUFA 11,72%, najwyższa wartość SFA 39,86%). Wykazałam, że ikra pstrąga tęczowego i jesiotra ma podobny profil kwasów tłuszczowych i charakteryzuje się wysoką wartością odżywczą i dietetyczną. Przeprowadzone badania są wstępem do kolejnych analiz chromatograficznych obejmujących ocenę składu kwasów tłuszczowych różnych partii ciała oraz narządów ryb i porównania ich ze składem kwasów tłuszczowych zawartych w ikrze. Badania będą miały także na celu określenie żywotności ikry.

Kowalska-Górska M., Formicki K., Dobrzański Z., **Wondolowska-Grabowska A.**, Skrzyńska E., Korzelecka-Orkisz A., Nędzarek A., Tański A. 2020. Nutritional composition of Salmonidae and Acipenseridae fish eggs, *Annals of Animal Science*, 20, 2, 629-645, DOI:10.2478/aoas-2019-0072. (**Zał. 7a, poz. 13**).

7.3. Złożone projekty badawcze, które nie otrzymały dofinansowania

Wraz z zespołem ubiegałam się o dofinansowanie w Programie Współpraca ARiMR, projektu: „Podnoszenie jakości nasion, oleju i miodu oraz zapewnienie dobrostanu pszczół poprzez innowacyjną technologię uprawy rzepaku ozimego ograniczającą ŚOR polegającą na stworzeniu prototypu siewnika”. Projekt przeszedł wstępną weryfikację, ale ze względu na duże cięcia kosztów badań naukowych przez ARiMR, jego realizacja straciła sens.

7.4. Zestawienie dorobku w zakresie osiągnięć naukowo-badawczych

Mój dorobek naukowy obejmuje łącznie 93 prace (zał. 7a,):

- 25 oryginalnych prac twórczych (24 po uzyskaniu stopnia naukowego doktora)
- 4 rozdziałów w monografiach (4 po uzyskaniu stopnia naukowego doktora)

Sumaryczny Impact Factor moich prac wynosi 24,176, a liczba punktów według wykazu MEiN wynosi 1061. w 61 pracach jestem pierwszym i/lub korespondencyjnym autorem, zaś 45 publikacji jest samodzielnych.

Zestawienie publikacji przedstawione zostało w tabeli 1, natomiast zestawienie liczby cytowań i indeksu Hirscha w tabeli 2 (zał. 7).

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

Wyszczególnienie	Liczba publikacji	Punkty wg MEiN	Impact Factor
Przed uzyskaniem stopnia doktora			
Rozdziały w monografiach	0	0	-
Publikacje bez IF	2	0	-
Publikacje z IF	0	0	0
Po uzyskaniu stopnia doktora			
Rozdziały w monografiach	3	15	-
Publikacje bez IF	16	301	-
Publikacje z IF	9	665	24,173
Łączny dorobek naukowy	28	991	24,173
Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego	1	80	-

Tabela 2. Zestawienie liczby cytowań i indeksu Hirscha.

Liczba cytowań (bez autocytowań) według bazy Web of Science Core Collection	85
Liczba cytowań z autocytowaniami według bazy Web of Science Core Collection	87
Liczba cytowań (bez autocytowań) według bazy Scopus	88
Liczba cytowań z autocytowaniami według bazy Scopus	90
Liczba cytowań według bazy Google Scholar	146

Indeks Hirscha według bazy Web of Science	5
Indeks Hirscha według bazy Scopus	5
Indeks Hirscha według bazy Google Scholar	6

Stan na 29.09.2023 r.

.....
(podpis wnioskodawcy)