

ZAŁĄCZNIK 2

Autoreferat

w języku polskim

DR INŻ. ANDRZEJ OLEKSY

**INSTYTUT PRODUKCJI ROŚLINNEJ
ZAKŁAD SZCZEGÓŁOWEJ UPRAWY ROŚLIN
WYDZIAŁ ROLNICZO-EKONOMICZNY
UNIwersYTET ROLNICZY IM. HUGONA
KOŁŁATAJA W KRAKOWIE
al. MICKIEWICZA 21
31-120 KRAKÓW
email: rroleksy@cyf-kr.edu.pl**

1. Imię i nazwisko Andrzej Oleksy

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe/artystyczne - z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania

magister inżynier rolnictwa, specjalizacja: agronomia, Akademia Rolnicza im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Wydział Rolniczy, 1993

Tytuł pracy: **Wyradzanie się odmian ziemniaka w zależności od lat reprodukcji**

Opiekun naukowy: dr inż. Wiesława Ziółek

Recenzent: prof. dr hab. Aleksander Szmigiel

doktor nauk rolniczych z zakresu agronomia, specjalność naukowa: produkcja roślinna, Akademia Rolnicza im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Wydział Rolniczy, 2004

Tytuł rozprawy: **Plonowanie odmian karłowych pszenżyta ozimego i jarego w zasiewach mieszanych z pszenicą na dwóch kompleksach glebowych**

Promotor: prof. dr hab. Aleksander Szmigiel

Recenzenci: prof dr hab. Wojciech Budzyński

dr hab. Andrzej Lepiarczyk

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych/artystycznych

1996-2005 asystent naukowo-dydaktyczny, Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Akademia Rolnicza im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

od 2005 adiunkt naukowo-dydaktyczny, Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin, (obecnie Zakład Szczegółowej Uprawy Roślin, Instytut Produkcji Roślinnej), Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Akademia Rolnicza im. Hugona Kołłątaja w Krakowie (obecnie Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie)

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

a) tytuł osiągnięcia naukowego:

jednotematyczny cykl publikacji pt.:

„Uwarunkowania plonowania i jakości surowca rzepaku wynikające z architektury ładu determinującej wielkość wskaźników wegetacyjnych oraz zmienność cech morfologicznych roślin i luszczyn”

b) publikacje wchodzące w zakres osiągnięcia naukowego:

Autor/autorzy, data wydania, tytuł, wydawca lub czasopismo, tom, strony

Praca	Cytowanie	Impact Factor ¹	Punkty MNiSW ²
b.1	Kulig B., Oleksy A. , Pyziak K., Styrc N., Staron J. 2010. Wpływ warunków siedliskowych na plonowanie oraz zróżnicowanie wybranych wskaźników roślinnych populacyjnych odmian rzepaku ozimego. <i>Rośliny Oleiste-Oilseed Crops</i> , 31(1): 99-114.	brak	6
b.2	Zajac T., Oleksy A. , Stokłosa A., Klimek-Kopyra A. 2011. Comparison of morphological traits, productivity and canopy architecture of winter oilseed rape (<i>Brassica napus</i> L.) and white mustard (<i>Sinapis alba</i> L.). <i>Journal of Applied Botany and Food Quality</i> , 84: 183-191.	0,429	20
b.3	Kulig B., Oleksy A. , Pyziak K., Styrc N., Staroń J. 2012. Wpływ warunków siedliskowych na plonowanie oraz wielkość wybranych wskaźników wegetacyjnych zrestorowanych odmian rzepaku ozimego. <i>Fragmenta Agronomica</i> , 29(1): 83-92.	brak	5
b.4	Zajac T., Kulig B., Oleksy A. , Stokłosa A., Styrc N., Pyziak K. 2013. Development and yield of morphologically different groups of winter oilseed rape canopy I. Productivity and morphology of plants. <i>Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura</i> , 12(1): 45-56.	brak	7
b.5	Zajac T., Kulig B., Oleksy A. , Stokłosa A., Pyziak K., Styrc N. 2013. Development and yield of morphologically different groups of winter oilseed rape canopy II. The harvest index value depending on the cutting height. <i>Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura</i> , 12(1): 57-64.	brak	7
b.6	Oleksy A. , Zajac T., Kulig B., Klimek A. 2013. Biologiczne i produkcyjne skutki zgryzania roślin rzepaku ozimego przez zwierzęta z rodziny jeleniowatych (<i>Cervidae</i>). <i>Rośliny Oleiste-Oilseed Crops</i> , 34(2): 215-226.	brak	4

b.7	Zajac T., Oleksy A. , Kulig B., Styrc N., Pyziak K. 2013. Porównanie potencjału plonowania roślin oraz wpływu wysokości cięcia łanu na kształtowanie się wskaźnika plonowania odmian rzepaku ozimego. <i>Rośliny Oleiste-Oilseed Crops</i> , 34(1): 47-64.	brak	4
b.8	Zajac T., Klimek-Kopyra A., Oleksy A. , Lorenc-Kozik A., Ratajczak K. 2016. Analysis of yield and plant traits of oilseed rape (<i>Brassica napus</i> L.) cultivated in temperate region in light of the possibilities of sowing in arid areas. <i>Acta Agrobotanica</i> , 69(4): 1696. DOI: http://dx.doi.org/10.5586/aa.1696 .	brak	14
b.9	Oleksy A. 2018. Reakcja produkcyjno-rozwojowa odmian rzepaku ozimego na zróżnicowane dawki N i S. <i>Fragmenta Agronomica</i> , 35(2): 79-97.	brak	12
b.10	Oleksy A. , Zajac T., Klimek-Kopyra A., Pustkowiak H., Jankowski K. 2018. Relative siliques position in a crop layer as an indicator of yield and quality in Winter rape. <i>Pakistan Journal of Agricultural Sciences</i> , 55(4): 727-738.	0,677	20
SUMA		1,106	99

¹ - Impact Factor zgodnie z rokiem opublikowania; ² - liczba punktów zgodnie z rokiem opublikowania

Sumaryczny IF prac zgodnie z rokiem opublikowania wynosi 1,106. Suma punktów według ujednoliconego wykazu czasopism punktowanych MNiSW zgodnie z rokiem opublikowania wynosi 99.

Kopie prace jednotematycznego cyklu publikacji osiągnięcia naukowego stanowi załącznik 5, a oświadczenia wszystkich współautorów określające indywidualny wkład każdego z nich w ich powstanie stanowi załącznik 6 wniosku.

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

Wprowadzenie

Cztery gatunki z rodzaju kapusta (*Brassica*) są powszechnie uprawiane jako rośliny oleiste: *Brassica napus* (Swede rape), *B. rapa* (Turnip rape), *B. juncea* (Indian mustard) i *B. carinata* (Ethiopian mustard) [Berry i Spink 2006]. Gatunek *Brassica rapa* ma najdłuższą historię udomowienia w Starym Świecie (Europie, Azji Zachodniej i Afryce Północnej) [Guo i in. 2014]. *Brassica juncea* uprawiana jest głównie w Indiach oraz w niektórych regionach Chin, a *Brassica carinata* ogranicza się do północno-wschodniej Afryki, głównie do Etiopii [Zajac i in. 2016].

Rzepak (*Brassica napus* ssp. *oleifera*) zajmuje trzecie miejsce pod względem produkcji oleju po palmie oleistej (*Elaeis guineensis* Jacq.) i soi (*Glycine max* (L.) Merr.). Udział oleju pozyskiwanego z olejowca gwinejskiego (olej palmowy), w całkowitej światowej produkcji

olejów roślinnych stanowi ok. 32%, z soi 30% a z rzepaku 15%. Pod względem powierzchni uprawy (36,1 mln ha) zajmuje drugie miejsce po soi, a pod względem zbiorów (73,8 mln ton) 4 miejsce po soi, palmie oleistej i nasionach bawełny. Ponad 90% oleju rzepakowego produkowane jest w UE, Chinach, Indiach i Kanadzie, przy czym na samą Kanadę przypada 90% światowego eksportu (typ Canola).

W strefie klimatu umiarkowanego, rzepak jest najważniejszą rośliną oleistą, która ma różnorodne zastosowania, obejmujące nie tylko wykorzystanie oleju do celów spożywczych, ale także w przemyśle jako źródło estrów metylowych kwasów tłuszczowych oraz żywienia zwierząt gospodarskich (śruty poekstrakcyjne), a ostatnio także do produkcji celulozy [Wielebski i in. 2002, Rathke i in. 2006, Jankowski i Budzyński 2007, Zaller i in. 2008, Mousavi i in. 2013, Zając i in. 2016]. Na kontynencie europejskim forma ozima dominuje w uprawie z racji lepszego plonowania i większej zawartości tłuszczu w nasionach, stanowi ponadto istotne źródło białka dla zwierząt [Weymann i in. 2015]. Areal uprawy rzepaku ozimego w 2014 roku kształtował się na poziomie 9,1 mln ha i w okresie ostatnich 15 lat uległ podwojeniu. W Polsce, podobnie jak w Europie, przez ostatnie półtorej dekady produkcja rzepaku była najszybciej rozwijającą się gałęzią produkcji roślinnej. Powierzchnia uprawy rzepaku zwiększyła się prawie 2-krotnie, poziom plonowania o 25%, a zbiory nasion 2,5-krotnie. Rozszerzający się areal uprawy to również czynnik stymulujący poziom plonowania pszenicy, która zarówno w Polsce, jak i na świecie tradycyjnie wysiewana jest w stanowisku po rzepaku [Rondanini i in. 2012]. Istotne znaczenie rzepaku jako przedplonu dla pszenicy wynika z korzystnego oddziaływania na środowisko glebowe w warunkach uprawy, w długich ciągach monokulturowych roślinności jednoliściennej [Budzyński i Ojczyk 1996]. Atrakcyjność rzepaku ozimego jako przedplonu dla zbóż wynika nie tylko z szybkiego rozkładu resztek poźniwnych (wąska wartość stosunku C:N), ale również z ich działania biofumigacyjnego [Oleszek i in. 1994].

W 2014 roku plon nasion rzepaku ozimego w Polsce, kształtował się na poziomie $3,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ i w porównaniu do roku 2000 uległ zwiększeniu o 1,21 tony, co daje roczny przyrost plonu na poziomie ok. $80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Tak znaczący przyrost plonowania rzepaku wynika z upowszechnienia w uprawie odmian mieszańcowych – wysokoplennych oraz poprawy agrotechnologii, co też wiąże się ze stosowaniem dużej ilości agrochemikaliów. Znaczące zwiększenie poziomu plonowania wynika również z wdrażania wyników badań do praktyki rolniczej. Dla dłuższego horyzontu czasowego szacowano coroczny przyrost plonu nasion rzepaku na znacznie niższym poziomie, bowiem w latach 1970-2009 na świecie roczny

przyrost plonu nasion wynosił 27 kg [Zajac i in. 2016]. Obliczenia własne dla Polski w analogicznym okresie wykazały nieznacznie mniejszy przyrost – 20,2 kg [FAOSTAT 2017].

Sumujące się osiągnięcia hodowlane sprawiły, że na przestrzeni ostatnich 30 lat znaczenie gospodarcze rzepaku w Europie i Polsce systematycznie zwiększało się. Nowe odmiany, zarówno populacyjne, jak i mieszańcowe rzepaku w porównaniu do odmian starszych wykształcają więcej rozgałęzień bocznych oraz łuszczyń, co determinuje ich wyższy potencjał produkcyjny [Wielebski i in. 2002, Spasibionek 2004, Berry i Spink 2006, Jankowski i Budzyński 2007, Zaller i in. 2008]. Aktualnie szeroko uprawiane odmiany mieszańcowe rzepaku ozimego pokolenia F₁ cechują się szybszym tempem i bujniejszym wzrostem [Bartkowiak-Broda 2005]. Do uprawy wprowadza się mieszańce półkarłowe, które wytwarzają krótką i mocną szyjkę korzeniową oraz płasko rozłożoną rozetę, co zwiększa ich szanse na dobre zimowanie. Sieling i Christen [1997], Liersch i in. [2004] oraz Rathke i in. [2006] podkreślają, że cechy ilościowe nowych kreacji hodowlanych rzepaku, rzutujące na możliwość uzyskiwania wysokiego plonu nasion i oleju z jednostki powierzchni są silnie modyfikowane przez warunki środowiska uprawy, zmiennego w czasie (lata wegetacji) i przestrzeni produkcyjnej (gleba, przedplon, nawożenie, ochrona). Plonowanie rzepaku ozimego zależy od wielu czynników, zarówno agrotechnicznych, jak i siedliskowych, które istotnie decydują o liczbie rozgałęzień bocznych oraz łuszczyń, determinujących masę nasion z pojedynczej rośliny i łanu [Sieling i in. 1997, Wielebski i in. 2002, Kotecki i in. 2004, Zaller i in. 2008, Jankowski i in. 2016, Zajac i in. 2016]. O istotnym wpływie przebiegu warunków pogodowych na liczbę wykształconych przez rzepak ozimy rozgałęzień bocznych wskazują wyniki badań Öztürk [2010]. Kotecki i in. [2004] wykazali, że rzepak w zależności od sezonu wegetacyjnego wykształcał mocno zróżnicowaną (4,3 i 7,9 szt.) liczbę odgałęzień bocznych co wynikało głównie ze zróżnicowanej obsady roślin.

Wysoki poziom nawożenia azotem oraz dostatek wody w fazie kwitnienia stwarzają warunki do zadawalającego plonowania rzepaku ozimego. Zdaniem Wójtowicza i in. [2017] warunki wilgotnościowe w okresie wegetacji decydują o najważniejszym komponentie plonu jakim jest liczba łuszczyń na roślinie, a w praktyce są czynnikiem najsilniej ograniczającym wielkość uzyskiwanych plonów nasion. Niedobory wody w fazie kwitnienia zmniejszają liczbę łuszczyń na roślinie, a w okresie dojrzewania ograniczają masę 1000 nasion, co skutkuje zmniejszeniem wydajności [Wójtowicz 2005]. Kotecki i in. [2004] oraz Kulig i in. [2010, 2012] podkreślają, że rzepak należy do gatunków silnie reagujących na zmieniające się warunki pogodowe, o czym świadczą znaczne różnice w plonach nasion w poszczególnych latach. Jankowski i Budzyński [2007] odnotowali wysoki poziom plonowania (5,05-6,70 t·ha⁻¹

¹⁾ rzepaku w latach o korzystnych warunkach dla zimowania, natomiast znacznie niższy gdy wystąpiły mało korzystne warunki. Nadrzędny, bardzo silny wpływ warunków pogodowych na poziom plonowania oraz cechy biologiczne i użytkowe rzepaku potwierdzają także Liersch i in. [2000], Wielebski [2009], Wójtowicz [2013] oraz Wójtowicz i in. [2017]. Warunki środowiskowe oddziałują na efektywność nawożenia azotowego, wpływają także pośrednio na rozwój roślin modyfikując tym samym elementy składowe plonu i cechy morfologiczne [Wójtowicz 2013, Wójtowicz i in. 2017]. W badaniach Wójtowicza i in. [2017] intensywne opady notowane w jednym z sezonów trzyletniego cyklu badań znacząco ograniczyły efektywność nawożenia azotem. O istotnym wpływie warunków środowiskowych na efektywność nawożenia azotowego, donoszą również Arche i Vaidyanathan [1982], Dawkins [1983], Budzyński [1986], Muśnicki [1989] oraz Wójtowicz [2004, 2013]. Wysoki poziom wiosennego nawożenia azotem sprzyja zawiązywaniu większej liczby łuszczyn na roślinie [Li i in. 2014, Wójtowicz i in. 2017]. Podobną reakcję obserwowali Fathi i in. [2002] oraz Moradi-Telavat i in. [2008]. Wysoki i zarazem odpowiedni, dostosowany do potrzeb poziom nawożenia azotem jest czynnikiem zwiększającym plonowanie rzepaku [Jackson 2000, Justes i in. 2000, Hao i in 2004, Rathke i in. 2005, Moradi-Telavat i in. 2008, Sieling i Kage 2010, Veromann i in. 2013]. Opinie co do optymalnej wielkości dawki azotu są rozbieżne. Jackson [2000] uważa, że optymalną wydajność uzyskuje się w zakresie nawożenia od 180 do 220 kg N·ha⁻¹, w zależności od warunków siedliskowych. Wyniki Budzyńskiego [1986], Muśnickiego [1989] i Jankowskiego i in. [2005] wskazują, że rzepak uprawiany po zbożach reaguje korzystnie na wiosenne nawożenie azotem do wysokości 200 kg N·ha⁻¹. Özer [2003], Öztürk [2010] i Li i in. [2014] odnotowali przyrost liczby rozgałęzień bocznych na roślinach rzepaku pod wpływem rosnących dawek nawożenia azotowego. Rathke i in. [2005] oraz Jankowski [2007] maksymalną wydajność uzyskali pod wpływem dawki wynoszącej 240 kg N ha⁻¹, natomiast Özer [2003] stwierdził, że zmienność plonu nasion rzepaku pod wpływem różnych dawek N jest pochodną zmian w kształtowaniu się elementów składowych plonu. Tenże autor zasugerował również, że dawka 160 kg N·ha⁻¹ jest wystarczająca dla rzepaku i spełnia jego wymagania pokarmowe.

Przyrost plonu nasion pod wpływem nawożenia siarką w warunkach niedostatecznego zaopatrzenia roślin w ten pierwiastek obserwowano wielu autorów [Walker i Both 1994, Bilsborrow i in. 1995, Budzyński i Ojczyk 1995, McGrath i Zhao 1996, Podleśna 2003, Zhao i in. 2003, Tobała i Jakubus 2006, Wielebski 2006]. Plonotwórcze działanie siarki wykazali również Krauze i Bowszys [2000] oraz McGrath in [2003]. Jankowski i in. [2005] w warunkach produkcyjnych stwierdzili niską efektywność siarki stosowanej przedsięwzię. Z

kolei aplikacja wiosenna powodowała wysoką efektywność nawożenia tym pierwiastkiem aż do najwyższej dawki ($90 \text{ kg S} \cdot \text{ha}^{-1}$). Jednak w wielu badaniach odnotowano brak lub mały efekt plonotwórczy tego pierwiastka [Bilsborrow i in. 1995, Haneklaus i in. 1999, Fotyma 2003, Wielebski i Wójtowicz 2003, Podleśna 2004, Jakubus i Toboła 2005, Wielebski 2008]. Badania Toboły i Jakubus [2006] oraz Wielebskiego [2008] nie wykazały również współdziałania nawożenia siarką z odmianą. Wielebski [2006] stwierdził, że pod wpływem nawożenia siarką zmienia się istotnie liczba łuszczyn na roślinie, masa tysiąca nasion oraz masa nasion z łuszczyny, natomiast słabo różnicowane są: liczba łuszczyn na jednostce powierzchni, liczba nasion w łuszczynie i cechy charakteryzujące pokrój roślin. Wcześniejsze wyniki badań [Nyborg 1974, Janzen i Betany 1984] wskazywały, że siarka silniej oddziałuje na plon nasion niż na rozwój wegetatywny.

Roślina, jej kolor i gęstość łąnu, jest często rozpatrywana, jako najlepszy naturalny wskaźnik dostępności i pobrania azotu, ponieważ aktualna zawartość azotu w roślinie jest wynikiem współdziałania pomiędzy różnymi czynnikami. Zaliczyć do nich można w szczególności: ilość azotu mineralnego w glebie, mineralizację glebowej materii organicznej, ilość wody dostępnej dla roślin, szybkość wzrostu korzeni, efektywność pobierania azotu przez rośliny i przebieg warunków pogodowych [Samborski i in. 2009]. Czujniki optyczne umożliwiają bliską, bez bezpośredniego kontaktu z rośliną, ocenę zróżnicowania wigoru, zieloności i gęstości łąnu roślin, czyli ilości aktywnej fotosyntetycznie biomasy [Fitzgerald i in. 2010]. Ilość aktywnej fotosyntetycznie biomasy jest miernikiem tempa wzrostu roślin, ilości azotu w roślinie oraz pośrednio wskaźnikiem zapotrzebowania roślin na ten składnik. Czujniki optyczne mierzą ilość światła odbitego od łąnu w zakresie określonej długości fal. Na podstawie tej informacji wyliczane są tzw. wskaźniki wegetacyjne charakteryzujące stan łąnu roślin, czyli ilość aktywnej fotosyntetycznie biomasy. W ostatnich latach badania i różnego rodzaju czujniki optyczne są coraz powszechniej stosowane w naukach i praktyce rolniczej [Piekarczyk i in. 2004, Walczykova i Zagórda 2005, Wójtowicz i in. 2005, Zagórda i in. 2007, Kulig i in. 2010, 2012, Raper i in. 2013]. Spośród poznanych predyktorów determinujących produktywność łąnu w warunkach stresu abiotycznego lub biotycznego wyróżnia się kilka wskaźników; m.in.: NDVI (Normalised Difference Vegetation Index) i GAI (Green Area Index), które są ważnymi prognostykami plonowania kukurydzy i soi w warunkach preriowych Kanady oraz USA w zależności od aplikowanego dogłębowego nawożenia mineralnego (Mkhabela i in. 2011). Pomimo coraz większego zainteresowania praktycznym wykorzystaniem wskaźników do predykcji plonów, nadal brakuje w literaturze istotnych wyników badań dotyczących wpływu czynników agrotechnicznych na wielkość i

kształtowanie się indeksów wegetacyjnych m.in. NDVI, GAI i SPAD (Soil-Plant Analysis Development) zwłaszcza w odniesieniu do rzepaku ozimego.

Cel

Celem badań jednotematycznego cyklu publikacji, stanowiących osiągnięcie naukowe, było określenie agrotechnicznych i siedliskowych uwarunkowań plonowania i jakości nasion rzepaku ozimego oraz wpływu czynników agrotechnicznych na pokrój roślin i architekturę łanu determinujących wielkość wskaźników wegetacyjnych oraz cechy morfologiczne decydujące o produktywności rośliny i łanu.

Wyniki

Głównymi czynnikami aktualnie kształtującymi plony nasion rzepaku w Polsce są: przebieg pogody, stanowisko w zmianowaniu, nawożenie azotem, intensywność ochrony roślin i dobór odmiany – najczęściej mieszańcowej, populacyjnej lub półkarłowej. Wyniki zawarte w pracy B9 dotyczą doświadczenia polowego prowadzonego w trzech sezonach wegetacyjnych 2010–2013, w którym porównywano reakcję dwóch mieszańcowych odmian rzepaku ozimego ‘Adam’ i ‘Poznaniak’ na nawożenie azotem (0–200 kg N·ha⁻¹) i siarką (0–70 kg S·ha⁻¹). W tych badaniach wykazano, że w warunkach kompleksu pszennego bardzo dobrego najsilniej na plon nasion, wielkość elementów składowych plonu, cechy morfologiczne roślin i efektywność wykorzystania azotu oddziaływały warunki pogodowe w latach badań. Wpływ wielkości dawki azotu był słabszy, a w przypadku nawożenia siarką i czynnika odmianowego najczęściej nieistotny statystycznie. Istotny przyrost plonu nasion następował do dawki 150 kg N·ha⁻¹. Większa dawka tj. 200 kg N·ha⁻¹ oraz dawka ustalona na podstawie testu glebowego N_{min} nie powodowały znaczących zmian wielkości plonu nasion. Niezależnie od lat badań i aplikacji siarki reakcja odmian na wielkość dawek N była podobna, aczkolwiek odmiana ‘Adam’ najlepiej (3,80 t·ha⁻¹) plonowała przy największej dawce 200 kg N·ha⁻¹, a odmiana ‘Poznaniak’ (3,85 t·ha⁻¹) przy dawce 150 kg N·ha⁻¹, co wskazuje na zróżnicowane wymagania pokarmowe odmian rzepaku ozimego. Reakcja rzepaku na wielkość dawki N w latach badań była zbliżona. Podkreślić należy jednak, iż w drugim i trzecim sezonie badań największe plony nasion, odpowiednio 3,39 i 4,65 uzyskano nawożąc rośliny dawkami ustalonymi w oparciu o test azotu glebowego (N_{min}), których wielkość wynosiła odpowiednio 184 i 145 kg N·ha⁻¹. Efektywność plonotwórcza azotu w niewielkim stopniu zależała od odmiany. Większą produktywność azotu w obrębie mniejszych dawek, do 100 kg N·ha⁻¹ wykazywała odmiana ‘Adam’, przy większych dawkach 150 i 200 kg N·ha⁻¹

efektywność azotu była jednakowa. Sezony wegetacyjne wyraźnie modyfikowały efektywność porównywanych dawek nawożenia azotowego. Większą plonotwórczą efektywność azotu, uzyskano nawożąc rzepak w oparciu o test azotu mineralnego (N_{min}), a wartości dla dawek azotu 150, 200 i N_{min} = 154 kg N·ha⁻¹ wynosiły odpowiednio 13,7, 10,3 i 14,6 kg nasion na kg azotu zastosowanego w nawozie.

Zmienne warunki agroklimatyczne w czasie jesiennej wegetacji spowodowały zróżnicowanie obsady roślin. Korzystne dla utrzymania obsady roślin rzepaku były sezony 2010/2011 i 2012/2013, z zagęszczeniem roślin na jednostce powierzchni wynoszącym odpowiednio 48 i 40 szt.·m⁻². Zmniejszone do poziomu 25 szt.·m⁻² zagęszczenie roślin w sezonie 2011/2012 spowodowane było głównie bardzo małą ilością opadów we wrześniu i listopadzie, które najpierw ograniczyły wschody, a następnie spowolniły rozwój roślin i w konsekwencji odpowiednie ich przygotowanie się do zimowania. Dawki azotu nie wpłynęły znacząco na zagęszczenie roślin na jednostce powierzchni. Obserwowano jednak, że największe dawki azotu tj. 150 i 200 kg N·ha⁻¹ prowadziły do zmniejszenia obsady roślin, co prawdopodobnie wynikało ze zwiększonej konkurencji wewnątrzgatunkowej, spowodowanej zintensyfikowanym wykształcaniem odgałęzień bocznych. Korzystny efekt dla utrzymania właściwej obsady na jednostce powierzchni przyniosło nawożenie N w oparciu o test azotu mineralnego (N_{min}). Ilość wykształczanych wiosną przez rzepak odgałęzień bocznych była zróżnicowana w sezonach wegetacji i zależała bezpośrednio od wiosennej obsady roślin na jednostce powierzchni. Najwięcej, średnio 9,1 odgałęzień bocznych wykształcił rzepak w drugim sezonie wegetacji 2011/2012. Taka reakcja roślin bezpośrednio nawiązywała do małej obsady roślin, a więc była efektem kompensacji zagęszczenia na poziomie rośliny i ładu. W sezonach wegetacji, w których odnotowano większe zagęszczenie roślin ilość odgałęzień ulegała istotnemu zmniejszeniu. Również dawki azotu wpływały istotnie na zdolność roślin rzepaku do rozgałęziania się. Najmniej odgałęzień bocznych wykształcały rośliny nienawożone, natomiast wysokie dawki 150 i 200 kg N·ha⁻¹ spowodowały, że rośliny wykształciły więcej, bo odpowiednio 8,1 i 8,2 odgałęzień bocznych. Nawożenie siarką nie miało żadnego wpływu na tą cechę. Spośród porównywanych odmian więcej odgałęzień bocznych wykształcały rośliny odmiany 'Poznaniak' zarówno w poszczególnych sezonach wegetacyjnych, jak i średnio za okres badań. W badaniach tych wykazano, że ilość łuszczyn wykształconych przez rośliny rzepaku zależała przede wszystkim od sezonu wegetacji, przy czym silnie rozgałęzione rośliny nie w każdym sezonie wykształcały największą ilość łuszczyn, co dowodzi, że kształtowanie się wielkości tych cech nie jest ze sobą ściśle powiązane. Nawożenie azotowe zwiększało liczbę łuszczyn na roślinie do poziomu 205 szt.

po zastosowaniu największej dawki azotu tj. 200 kg N·ha⁻¹. W omawianych badaniach liczba odgałęzień bocznych oraz łuszczyn na roślinie były cechami odmianowymi, a większą wartością tych cech odznaczała się odmiana ‘Poznaniak’.

Liczba łuszczyn z jednostki powierzchni zwiększała się systematycznie wraz z wielkością dawki azotu. Jednak istotny przyrost liczby owoców w odniesieniu do kontroli wykazano dla dawki wynoszącej 100 kg N·ha⁻¹. Analogiczną liczbę łuszczyn stwierdzono dla dawki 150 kg N·ha⁻¹ i dawki ustalonej w oparciu o test azotu mineralnego (N_{min}). Dawki te spowodowały istotny przyrost w porównaniu do nawożenia w ilości 50 kg N·ha⁻¹. Oddziaływanie największej dawki azotu na przyrost liczby łuszczyn, w porównaniu do niższych dawek, miało jedynie charakter tendencji. Ilość nasion w łuszczynach rzepaku zależała od sezonów wegetacyjnych, które oddziaływały na obsadę roślin, a ta z kolei na liczbę nasion w łuszczynie. Mniej nasion zawierały łuszczyny przy największej obsadzie roślin, a najwięcej kiedy liczba łuszczyn na roślinie była największa, a zagęszczenie roślin wykazywało tendencję do zmniejszania się ich liczby na jednostce powierzchni. Taki układ wyników wskazuje na duże możliwości rzepaku w kompensowaniu elementów struktury plonu nasion. W badaniach tych wykazano również, że nawożenie azotem istotnie zwiększa liczbę nasion w łuszczynie. Ten element składowy plonu zależał również od czynnika odmianowego. Więcej nasion w łuszczynie miała odmiana ‘Adam’, która charakteryzowała się mniejszą liczbą łuszczyn w porównaniu z odmianą ‘Poznaniak’. Wskazuje to, że w warunkach mniejszej liczby owoców na roślinie zwiększa się w nich liczba nasion. Uzyskane w przeprowadzonym doświadczeniu wyniki wskazują, że rzepak ozimy wykształca dorodne nasiona przy słabym rozgałęzianiu się roślin i mniejszej liczbie zawiązywanych nasion w łuszczynach, co obserwowano w pierwszym (2010/2011) sezonie wegetacji. Z kolei w trzecim sezonie (2012/2013) liczba nasion na jednostce powierzchni była bardzo duża, co w konsekwencji prowadziło do zdrobnienia nasion, których masa 1000 nie przekraczała 5 gramów. Nawożenie azotem stosunkowo słabo oddziaływało na masę 1000 nasion, widoczna natomiast była tendencja do wykształcania dorodniejszych nasion pod wpływem nawożenia w oparciu o test N_{min}. Obserwowano również nieznaczną tendencję, u obu odmian, do wykształcania nasion o większej masie pod wpływem aplikacji siarki.

W pracach B1, B3, B4 i B10 oprócz zagadnień związanych z plonowaniem różnych typów odmian zajmowałem się również oceną kształtowania się wskaźników roślinnych w okresie wiosennej wegetacji roślin w zależności od zróżnicowanych warunków siedliskowych oraz poszukiwaniem współzależności pomiędzy wielkością uzyskiwanych plonów a badanymi wskaźnikami. W pracy B1 badaniami objęto 11 odmian populacyjnych rzepaku (‘Baros’,

'Bojan', 'Brise', 'Cabriolet', 'Californium', 'Carusel', 'Digger', 'Libomir', 'Lisek', 'Remy' i 'Winner') uprawianych w dwóch lokalizacjach, w SDOO Pawłowice i SDOO Głubczyce. Kształtowanie się wielkości wskaźników wegetacyjnych: zieloności liścia (SPAD), zielonej powierzchni asymilacyjnej (GAI) oraz indeksu zieleni łąnu (NDVI) określono w 4 fazach: BBCH 35–51, BBCH 57–61, BBCH 64–65 BBCH 69–71. Wskaźnik zielonej powierzchni asymilacyjnej rzepaku w fazie wydłużania pędu - początku pąkowania (BBCH 35–51) kształtował się w zależności od odmiany w zakresie od 2,69 ('Baros') do 3,55 $\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ ('Brise'), a różnice między odmianami były statystycznie nieistotne, natomiast istotne pomiędzy miejscowościami. W korzystniejszych warunkach glebowych i klimatycznych SDOO Głubczyce rzepak ozimy niezależnie od fazy rozwojowej wykształcał większą powierzchnię asymilacyjną. Zależność ta została również potwierdzona w pracach B3, B4 i B10. Ponadto, w korzystniejszych dla plonowania warunkach siedliskowych, wskaźnik NDVI osiągał większe (0,87) wartości niż w gorszych (0,78), co przełożyło się na wielkość uzyskanych plonów nasion, odpowiednio 5,79 $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ i 5,49 $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Badania te wykazały, że w czasie intensywnego wzrostu rzepaku w okresie 2 tygodni rośliny są w stanie zwiększyć powierzchnię asymilacyjną łąnu średnio o 46%. Również znaczne różnice w zaawansowaniu wzrostu roślin na początku wegetacji wczesnowiosennej pomiędzy lokalizacjami doświadczeń uległy znacznemu zmniejszeniu w kolejnych fazach rozwojowych. Wykazano, że w fazie BBCH 57-61 wielkość wskaźnika GAI pomiędzy miejscowościami różniła się tylko o 10%, a na początku wegetacji różnica wynosiła aż 34%. Rzekpak ozimy w Pawłowicach maksymalną powierzchnię asymilacyjną łąnu 5,49 $\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ osiągał w fazie kwitnienia (BBCH 64-66), natomiast w korzystniejszych warunkach siedliskowych – SDOO Głubczyce pod koniec fazy kwitnienia 6,73 $\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$. Wykorzystując analizę regresji prostoliniowej wykazano istnienie ścisłej dodatniej zależności pomiędzy indeksem zieleni łąnu (NDVI) a wielkością wskaźnika GAI, zwłaszcza w fazie wydłużania pędu ($R^2=0,65$) oraz pod koniec kwitnienia ($R^2=0,53$). W okresie kwitnienia zależności te były znacznie mniejsze ze względu na obecność rozwiniętych kwiatów, które zmieniły barwę łąnu, a w konsekwencji zmniejszyły wartość NDVI pomimo zwiększającej się powierzchni asymilacyjnej łąnu. Pomędzy plonem nasion a wielkością wskaźników GAI i SPAD nie stwierdzono istotnej korelacji prostoliniowej, natomiast stosując model regresji segmentowej (kawałkami liniowej) uzyskano duże przybliżenie wielkości rzeczywistych plonu nasion w zależności od wielkości wskaźników GAI, SPAD i NDVI wynoszące odpowiednio 72,9, 64,4 i 72,3%.

W pracy B3 analizowano, w zróżnicowanych warunkach uprawy, plonowanie zrestorowanych odmian rzepaku ozimego w powiązaniu z wielkością wskaźników vegetacyjnych. W badaniach wykorzystano 8 ozimych odmian rzepaku 'Balduur', 'ES Betty', 'ES Saphir', 'Extend', 'Herkules', 'Kronos', 'Nelson' i 'Titan'. W oparciu o analizę korelacji pomiędzy plonem nasion a wielkością wskaźników w poszczególnych fazach rozwojowych roślin wykazano, że plon nasion był w najsilniej ($r=0,74$) skorelowany z wartościami GAI w okresie kwitnienia oraz GAI ($r=0,63$) i NDVI ($r=0,66$) na początku pąkowania. Nieco gorsze rezultaty uzyskano w fazie pełni kwitnienia, kiedy wskaźniki GAI i NDVI wykazywały umiarkowany lub słaby stopień wzajemnej korelacji, natomiast pomiędzy wskaźnikami SPAD i NDVI istotną korelację odnotowano na początku i końcu kwitnienia.

W badaniach dotyczących porównania cech morfologicznych, produktywności i architektury łanu rzepaku ozimego (prace B2, B4 B8 i B10) wykonano szczegółową porównawczą analizę cech morfologicznych roślin oraz owoców (łuszczyn) w zależności od ich umiejscowienia na pędzie. W pracy B2 wykazano, że większy wkład w produktywność pojedynczej rośliny mają odgałęzienia boczne niż pęd główny. Taki układ produktywności pojedynczej rośliny ściśle korespondował z liczbą nasion pochodzących z pędu głównego i bocznych, wynoszącą odpowiednio 778,4 i 1706,6 szt. Czynnikiem sprawczym takiego układu produktywności pojedynczej rośliny rzepaku jest możliwość dopływu promieniowania fotosyntetycznie czynnego (PAR) do łuszczyn zawiązanych na odgałęzieniach bocznych, które przede wszystkim umiejscowione są w górnej części łanu na zbliżonej wysokości co łuszczyny pędu głównego. Dominacja pędu głównego nad bocznymi, prowadzi do zwiększonego zacienienia i zmniejszenia masy nasion, szczególnie w łuszczynach z dolnych odgałęzień. Wykazano również, że pęd główny rzepaku i dolne rozgałęzienia boczne, od I do III posiadały dosyć długie odcinki bez łuszczyn, a taka strategia rozwojowa gatunku, miała na celu umiejscowienie owoców stosunkowo wysoko, aby miały dobre doświetlenie, zapewniające jak najlepszy rozwój nasion. Stwierdzono ponadto, że całkowita masa łuszczyn i masa nasion z pojedynczej łuszczyny były większe u owoców wykształconych na pędzie głównym. Łuszczyny na pędzie głównym rzepaku, zawiązane w dolnej i środkowej części (pozycje I i II) posiadały większą liczbę nasion, lecz te nasiona charakteryzowały się mniejszą masą w porównaniu z nasionami zebranymi z łuszczyn osadzonych wyżej - w górnej części pędu głównego. Należy zaznaczyć, że bardziej dorodne nasiona z wyżej zawiązanych łuszczyn, zarówno z pędu głównego, jak i bocznych wykształcały się krócej niż te z niżej zawiązanych łuszczyn. Podobne tendencje zarysowały się także w odniesieniu do liczby i masy nasion z łuszczyn umiejscowionych na pędach bocznych. Taki układ wyników

odnoszący się do biosocjalnego położenia łuszczyn na pędach rzepaku ozimego, wskazuje na istotną rolę dopływu promieniowania fotosyntetycznie czynnego PAR, które w pewnych granicach wpływa na wymiary tych cech. Stwierdzono, że wkład w plon nasion z pojedynczej rośliny łuszczyn dużych, średnich i bardzo dużych jest większy niż łuszczyn małych i bardzo małych. Te kategorie owoców liczące u rzepaku 67,7% decydowały w 80,1% o plonie nasion z rośliny.

W omawianych badaniach (B2) przeprowadzono również ocenę kształtowania się udziału nasion w całkowitej masie łuszczyny (silique harvest index - SHI), która wykazała, że w masie łuszczyn rzepaku udział nasion kształtował się na poziomie 58%. Równocześnie podkreślić należy małą zmienność SHI, co pozostaje w pewnej kolizji z liczbą nasion w łuszczynie, która odznaczała się umiarkowaną zmiennością. W innych badaniach (B10) prowadzonych w 3 lokalizacjach południowej Polski, SHI dwóch ('Adam' i 'Poznaniak') mieszańcowych odmian rzepaku ozimego niezależnie od sezonu wegetacyjnego i umiejscowienia łuszczyn w warstwie łąnu kształtował się w zakresie od 56,0 do 62,5%. Wielkość tego wskaźnika produktywności łuszczyn zależała przede wszystkim od warunków siedliskowych (lokalizacji badań), w mniejszym stopniu natomiast od odmiany i położenia w warstwie łąnu. W bardzo dobrych warunkach siedliskowych (Głubczyce) zarówno na pędzie głównym, jak i odgałęzieniach bocznych rzepak ozimy wykształcał owoce o największym (62,5 i 60%) udziale nasion w masie łuszczyny. Badania te nie wykazały istotnego wpływu czynnika odmianowego, jednak wystąpiła tendencja zarówno na pędzie głównym, jak i odgałęzieniach bocznych do nieco większego SHI u odmiany 'Adam'. Ponadto, udowodniono interakcyjny wpływ sezonów wegetacyjnych z czynnikiem odmianowym, a reakcję na zmienny przebieg pogody w latach odnotowano tylko u odmiany 'Adam'. Stwierdzono, że umiejscowienie łuszczyn w warstwach łąnu, dolnej, środkowej lub górnej istotnie modyfikuje wielkość SHI ale tylko w odniesieniu do pędu głównego. Owoce rzepaku wykształcone w dolnej części pędu głównego charakteryzowały się mniejszym udziałem masy nasion w całkowitej masie łuszczyny niż te z części środkowej i górnej. Podobną zależność, o charakterze tendencji obserwowano w odniesieniu do pędów bocznych. Największy SHI 60,6% miały owoce wykształcane w środkowej części pędów bocznych.

W przeprowadzonych badaniach (praca B10) wykazano również że, umiejscowienie łuszczyn i nasion w określonej warstwie łąnu determinuje przede wszystkim zawartość tłuszczu, w mniejszym stopniu natomiast wpływa na pozostałe elementy podstawowego składu chemicznego nasion. Ustalenia te zostały częściowo potwierdzone przez Batool i in. [2013]. Autorzy udowodnili, że zawartość oleju w nasionach pochodzących z łuszczyn

znajdujących się w dolnej warstwie łanu była największa i zmniejszała się w środkowej i górnej części łanu. Badania te pozostają jednak w opozycji do wyników Hua i in. [2012], którzy sugerują, że wyższa temperatura i lepsze doświetlenie łanu, zwłaszcza jego górnej części znacznie poprawia zawartość tłuszczu w nasionach rzepaku. W badaniach własnych (B10) wykazano podobną zależność tzn. nasiona pochodzące z łuszczyn zawiązanych w górnej części łanu charakteryzowały się istotnie większą zawartością tłuszczu niż te z dolnej warstwy łanu. Pomiędzy zawartością tłuszczu w nasionach z łuszczyn środkowej i górnej warstwy łanu wystąpiła jedynie tendencja wzrostowa. Zróżnicowane warunki siedliskowe w miejscowościach prowadzenia badań nie wpłynęły istotnie tylko na zawartości białka. Nasiona rzepaku wykształcone na roślinach uprawianych w bardzo dobrych warunkach siedliskowych charakteryzowały się mniejszą zawartością popiołu, tłuszczu i włókna, natomiast zawierały nieco więcej białka w porównaniu do pozostałych lokalizacji doświadczeń, charakteryzujących się mniej korzystnymi warunkami siedliskowym. W pracy B10 wykazano również, że zaolejenie nasion rzepaku podlega interakcyjnym wpływom miejscowości i czynnika odmianowego z sezonami wegetacyjnymi. Odmiana 'Poznaniak' gromadziła istotnie więcej tłuszczu w nasionach niż odmiana 'Adam' w pierwszym sezonie badań (2010/2011), który charakteryzował się ciepłym majem i czerwcem oraz umiarkowanymi opadami, a także nieco chłodniejszym i bardzo mokrym lipcem. W następnym sezonie wegetacyjnym opady w czerwcu i lipcu kształtowały się na poziomie zapotrzebowania wodnego rzepaku, a testowane odmiany nie różniły się istotnie ilością tego składnika w nasionach. Ilość tłuszczu w nasionach rzepaku uprawianego w Głubczycach i Pawłowicach kształtowała się na zbliżonym poziomie w obu sezonach badań, natomiast w Prusach istotnie więcej tłuszczu odnotowano w drugim sezonie, charakteryzującym się bardzo mokrym czerwcem.

W badaniach nad produktywnością mieszańcowych odmian rzepaku ozimego (prace B4 i B8) wykazano, że w warunkach optymalnej obsady roślin, zawierającej się na poziomie ok. 40 szt. · m⁻², w łanie rzepaku ozimego wydzieliły się trzy kategorie roślin, o zróżnicowanych cechach morfologicznych, a tym samym produktywności. Najczęściej (37,6%) w łanie rzepaku występowały małe rośliny wykształcające 1 do 4 odgałęzień bocznych, nieco mniejszy (35,14%) udział miały rośliny średnie posiadające 5 do 7 odgałęzień, a najmniejszy, rośliny duże mające osiem bądź więcej odgałęzień bocznych. Silnie rozgałęzione, duże rośliny rzepaku ozimego, chociaż stanowiły tylko 27,2% końcowej obsady, to miały największy wkład w plon nasion z jednostki powierzchni, kształtujący się na poziomie 52,5%. Świadczy to o znacznej, a nawet dużej produktywności roślin dobrze rozgałęzionych, takich które

wytwarzają osiem i więcej odgałęzień, a tym samym wykształcają największą liczbę owoców na roślinie. Wykazano również, że w poszczególnych kategoriach roślin, małych, średnich i dużych, stosunki liczbowe łuszczyn na roślinę wynosiły odpowiednio 1: 2: 4. Przedstawione rezultaty mają swoje odzwierciedlenie w pracy B2, w której wykazano, że u rzepaku ozimego większy wkład w plon nasion z pojedynczej rośliny mają odgałęzienia boczne, na których sumarycznie wykształca się około 70% całkowitej liczby nasion. Wkład w plon nasion z jednostki powierzchni roślin małych był niewielki, mimo, że ich udział w zagęszczeniu łąnu był największy i wynosił 37,6%. Można zatem stwierdzić, iż o produktywności łąnu rzepaku ozimego w największym stopniu, około 85%, stanowią rośliny duże i średnie, które wykształcają powyżej 5 odgałęzień bocznych. Podkreślić należy, że niezależnie od kategorii roślin rzepaku i lokalizacji badań, przeciętna wydajność nasion testowanych mieszańcowych odmian kształtowała się na zbliżonym poziomie, jednak cecha ta zależała od warunków siedliskowych miejscowości. Odmiana 'Adam', uprawiana w bardzo korzystnych warunkach glebowych i klimatycznych (Głubczyce) charakteryzowała się istotnie większą wydajnością nasion z rośliny niż odmiana 'Poznaniak', natomiast w pozostałych miejscowościach nie wykazano istotnego różnicowania. Brak statystycznego różnicowania plonu nasion z rośliny pomiędzy odmianami rzepaku znajduje swoje odzwierciedlenie w charakterystyce łuszczyn. Cechy takie jak masa łuszczyny, masa nasion z łuszczyny, masa pojedynczego nasienia, liczba łuszczyn z rośliny i masa łuszczyn z rośliny również nie były uzależnione od czynnika odmianowego. Warunki siedliskowe w miejscowościach prowadzenia badań w niewielkim stopniu modyfikowały te cechy. W gorszych warunkach siedliskowych (Pawłowice i Prusy) wystąpiła tendencja wzrostowa masy pojedynczej łuszczyny, masy nasienia i masy nasion z łuszczyny. Przeprowadzone badania wykazały, że masa łuszczyny jest cechą zależną od statusu rozwojowego i produkcyjnego wydzielonych w łąnie rzepaku kategorii roślin. Duże rośliny wykształcały większe łuszczyny, o większej masie zarówno łuszczyny, jak i nasion oraz charakteryzowały się większą liczbą i masą łuszczyn z rośliny. Uzyskane wyniki badań jednoznacznie dowodzą, że różnicowanie cech produktywności łuszczyn w zależności od kategorii roślin, determinują udział poszczególnych grup roślin rzepaku w plonie nasion z jednostki powierzchni. Po raz pierwszy w przypadku rzepaku ozimego wykazano, że osobniki o wyraźnie różnicowanej produktywności występują w łąnie, podążając za elementami struktury plonu nasion, które można uznać za ewidentną zmienność międzywarstwową, świadczącą o elastycznej adaptacji tego gatunku do warunków wzrostu w łąnie. W warunkach optymalnego zagęszczenia roślin dla odmian hybrydowych, kształtującego się na poziomie 40 szt.·m⁻² liczba odgałęzień bocznych utworzonych przez

rośliny zwane małymi, średnimi i dużymi okazała się szczególnym wskaźnikiem indywidualnego potencjału produkcyjnego rośliny. W opinii wielu autorów [Sieling i Christen 1997, Liersch i in. 2004, Rathke i in. 2006, Jankowski i Budzyński 2007, Wielebski 2009], cechy ilościowe nowych odmian rzepaku wpływające na potencjalnie wysoki plon nasion i oleju z jednostki powierzchni są silnie modyfikowane przez warunki środowiskowe występujące w miejscu uprawy, zmienne w czasie (lata wzrostu) i przestrzeni produkcyjnej (gleba, przedplon, nawożenie, ochrona). W pracy B2 wykazano również występowanie w łanie roślin znacznie różniących się liczbą uformowanych odgałęzień bocznych oraz ponadprzeciętny wpływ dużych i bardzo dużych łuszczyn na plon nasion z pojedynczej rośliny. Kategorie roślin wyodrębnione z fitocenoz odmian rzepaku tworzyły łuszczyny o znacznie zróżnicowanej masie, ale masa pojedynczego nasienia była analogiczna, co dowodzi że łuszczyny pochodzące z dużych roślin dawały więcej nasion, ta silna tendencja była obserwowana również dla roślin średnich.

Zbliżone rezultaty, potwierdzające powyższe wyniki przedstawiono w pracy B8. Warto podkreślić, że duże rośliny rzepaku charakteryzują się wysoką wydajnością nasion, ponad czterokrotnie większą niż małe, tworząc $304,1 \pm 87,6$ szt. łuszczyn na roślinie co daje rekordową wydajność nasion z rośliny $39,7 \pm 11,3$ g. Przedstawione wyniki wyraźnie ilustrują możliwości produkcyjne odmian heterozyjnych. Ponadto stwierdzono, że kategorie roślin średnich i dużych wykazują tendencję do wykształcania dorodniejszych nasion o większej masie. Większa masa nasienia w łuszczynach roślin średnich i dużych może wynikać ze zwiększonej redystrybucji składników odżywczych z pędu głównego i odgałęzień bocznych w fazie dojrzewania nasion, która w tych kategoriach roślin jest znacznie większa niż w przypadku roślin małych. Wyniki zawarte w pracy B8 dotyczą porównania cech morfologicznych i produkcyjności roślin dwóch odmian rzepaku ozimego, tradycyjnej 'SY Kolumb' i półkarłowej 'PR45 D03'. Wykazano, że w warunkach porównywalnej obsady roślin przed zbiorem, w zakresie 39-41 szt. \cdot m⁻², rzepak półkarłowy w porównaniu do tradycyjnej odmiany 'SY Kolumb' był nieznacznie (o 6,2 cm) niższy oraz przeciętnie o 6,7 cm niżej się rozgałęział. Odmiana półkarłowa wykształcała istotnie mniej odgałęzień bocznych, jednak nie stwierdzono istotnego zróżnicowania pomiędzy odmianami w liczbie łuszczyn z rośliny. Tradycyjna odmiana wykształcała średnio 278,2 szt. łuszczyn na roślinie natomiast odmiana półkarłowa 259,4 szt. Obydwie odmiany rzepaku zawiązywały zbliżoną ilość łuszczyn na odgałęzieniach bocznych natomiast na pędzie głównym istotnie więcej odmiana półkarłowa. W tych badaniach wykazałem również, że odmiana półkarłowa posiadała gęściej upakowane łuszczyny na pędzie głównym niż odmiana tradycyjna. Należy

wspomnieć iż ta zależność została wykazana po raz pierwszy. W dotychczasowych wynikach badań nie wykazywano lub nie badano tego elementu. W przypadku odmiany półkarłowej na 10 cm odcinku pędu głównego zawiązywało się 12,3 szt. łuszczyn a u odmiany tradycyjnej 9,8. Podobna zależność wystąpiła na pędach bocznych, jednak miała ona charakter tendencji i nie została potwierdzona statystycznie. Rzepak półkarłowy zawiązywał przeciętnie 10,6 łuszczyn na 10 cm pędu bocznego a odmiana tradycyjna o 2,4 mniej.

W dotychczas przeprowadzonych badaniach rzadko podejmowano problematykę związaną z szczegółową wyceną rozmiarów ilościowych strat w produktywności roślin i łanu rzepaku ozimego, wyrządzanych przez zwierzęta wolnożyjące. Obecnie jednak rzepak ozimy należy do roślin rolniczych bardzo często uszkodzanych przez zwierzęta łowne, spośród których decydujące znaczenie ma żerowanie jelenia (*Cervus elaphus* L.) oraz sarny (*Capreolus capreolus* L.). W rejonach występowania naturalnych i sztucznych zbiorników wodnych, szkody wywołują także ptaki – gęsi i łabędzie [Budzyński 2010, Węgorek i in. 2011]. Przyczyny silnego uszkodzania roślin i zasiewów rzepaku są wielorakie, powodowane zarówno zmianami w etologii niektórych gatunków zwierząt wolnożyjących (co ściśle łączy się ze znaczącym wzrostem ich populacji), jak i atrakcyjnością pokarmową współcześnie uprawianych dwuzerowych odmian rzepaku [Szukiel 2001, Flis 2009, 2010, 2013]. W pracy B6 oszacowano rozmiary ilościowe strat w produktywności uszkodzonych roślin i łanu rzepaku ozimego ‘Californium’, spowodowane przez gatunki wolnożyjących zwierząt jeleniowatych w rejonie Śląska Zielonego. Wykazano, że zmniejszenie poziomu plonowania wynikający z uszkodzania roślin rzepaku ozimego przez zwierzęta może sięgać aż do 80% w porównaniu do plonów uzyskanych z plantacji nieuszkodzonych. Tak znacząca różnica w wielkości uzyskanego plonu nasion wynikała głównie z mniejszej, o 63% obsady roślin na jednostce powierzchni oraz zredukowanej liczby łuszczyn na roślinie, która była 7-krotnie mniejsza w porównaniu z roślinami nieuszkodzonymi. Na skutek zgryzania pączków wierzchołkowych roślin rzepaku w okresie jesienno zimowym pędy główne zostały osłabione i wykształciły o połowę mniej łuszczyn w porównaniu z roślinami rozwijającymi się normalnie. Żerowanie jeleniowatych spowodowało również niezwykle silne zmniejszenie liczby łuszczyn na odgałęzieniach bocznych w następstwie zgryzania części kwiatostanów lub pojedynczych pąków (kwiatów) znajdujących się na tych odgałęzieniach. Ponadto wykazano, że na wszystkich odgałęzieniach bocznych roślin rzepaku uszkodzonego, liczba zawiązanych i plonujących łuszczyn wynosiła maksymalnie 5 szt., natomiast rzepak nieuszkodzony na analogicznych odgałęzieniach wytworzył od 12 do 37 łuszczyn. Najwięcej łuszczyn rzepak nieuszkodzony wykształcił na odgałęzieniach bocznych wyrastających ze środkowej części

pędu głównego. Pędy boczne wyrastające z górnej części pędu głównego posiadały już mniej łuszczyń, ponieważ zawiązywały się nieco później, w okresie narastającej suszy glebowej, co sprzyjało zwiększonej utracie zawiązków kwiatowych. Uszkodzenie rzepaku prowadziło do zmniejszenia się liczby łuszczyń na tych roślinach oraz zawiązywania małej liczby nasion w łuszczyinach powstałych na pędzie głównym.

Przeprowadzone badania wykazały, że jednokrotne lub wielokrotne przygryzanie pędu głównego zimą i w czasie wiosennego wznowienia wegetacji sprawiło, że rzepak nie był w stanie wykształcić pędu głównego normalnej długości. Krótki i cienki pęd główny uniemożliwił wykształcenie dużej liczby nasion w łuszczyźnie. Uzyskane wyniki badań wskazują na znaczącą rolę w kształtowaniu liczby nasion w łuszczyźnie asymilatów wcześniej zdeponowanych w pędzie głównym. Redystrybucja asymilatów do zawiązywanych nasion umożliwia przeżycie większej ilości zawiązanych nasion w łuszczyźnie u roślin o normalnie funkcjonującym pędzie głównym. Żerowanie na młodocianych roślinach sprawia, że łuszczyzny wykształcające się na pędzie głównym zawierają niewielką ilość nasion. Z kolei na bocznych pędach uszkodzonych roślin rzepaku zawiązywana była mała liczba łuszczyń, ale wykształciły one normalną liczbę nasion w łuszczyźnie. Wskazuje to na zaistnienie zjawiska kompensacji w obrębie rośliny, będącego próbą wykorzystania przez roślinę możliwości produkcyjnych. Wykonana analiza kształtowania się masy 1000 nasion rzepaku nieuszkodzonego lub uszkodzonego przez zwierzęta jeleniowate wykazała, że na pędzie głównym rzepaku uszkodzonego nasiona były zdrobniałe, o małej masie, kształtującej się w przedziale od 3,63 do 4,73 g. Nieuszkodzone rośliny rzepaku wykształciły na pędzie głównym dorodne nasiona, których masa 1000 nasion kształtowała się w zakresie od 5,75 do 6,05 g. Nasiona z pędów bocznych nieuszkodzonych i uszkodzonych roślin charakteryzowały się zbliżoną masą nasion, która jednak była nieco mniejsza w porównaniu do nasion powstałych na pędzie głównym nieuszkodzonych roślin rzepaku, natomiast większa w porównaniu do uszkodzonych roślin rzepaku ozimego. Sumaryczną oceną różnorodnych wpływów płynących z uszkodzenia roślin rzepaku przez zwierzęta jeleniowate przeprowadzono w oparciu o średnią masę nasion z pojedynczej łuszczyzny. Wykazano, że uszkodzone rośliny rzepaku posiadały na pędzie głównym bardzo mało produktywne łuszczyzny, które dawały o połowę mniejszą masę nasion w porównaniu do łuszczyń z nieuszkodzonych roślin. Odmienna sytuacja miała miejsce na odgałęzieniach bocznych, gdyż zarówno rośliny uszkodzone, jak i nieuszkodzone charakteryzowały się zbliżoną masą nasion z łuszczyzny. Położenie biosocjalne łuszczyń na pędach bocznych nie różnicowało masy 1000

nasion i masy nasion z łuszczyzny. Zarówno owoce położone w dolnej części, jak i usytuowane w górnej części plonowały podobnie.

Poznawczym celem badań zawartych w pracach B5 i B7 było oszacowanie wskaźnika plonowania łąnu odmian mieszańcowych rzepaku ozimego i biomasy pozostawionej na polu ścierni w zależności od przyjętej wysokości cięcia roślin w czasie zbioru. Dodatkowo w pracy B7 ocenie poddano również potencjał produkcyjny pojedynczej rośliny i łąnu. Wykazano, że potencjał produkcyjny nowych odmian mieszańcowych rzepaku ozimego ‘Adam’ i ‘Poznaniak’ był zbliżony, a analizowane różnice morfologiczne roślin i produktywność łąnu, rozpatrywane na poziomie odmiany, okazały się na ogół nieistotne. Plonowanie obu odmian było wysokie, a duże i istotne zróżnicowanie plonu nasion wystąpiło w miejscowościach. Kierunek zmian poziomu plonowania rzepaku ozimego w miejscowościach prowadzenia doświadczeń nawiązywał do przebiegu warunków klimatycznych, panujących w okresie wegetacji rzepaku. W Głubczycach potencjał produkcyjny roślin i łąnu był największy, przeciwna sytuacja wystąpiła w miejscowości Prusy. Zatem optymalne warunki klimatyczne determinowały bardzo wysokie plony nasion obydwu odmian rzepaku ozimego w Głubczycach. W miarę przesuwania uprawy rzepaku w kierunku wschodnim potencjał plonowania obniżał się, dlatego wysokie plony nasion uzyskano w Pawłowicach, a tylko średnie w Prusach. Wykazano również, że poprzez zmianę wysokości cięcia roślin rzepaku ozimego podczas zbioru kombajnowego można optymalizować kształtowanie się wskaźnika plonowania, ocenionego dla łąnu. Oszacowane HI dla odmian ‘Adam’ i ‘Poznaniak’ wyniosły odpowiednio: 0,387 i 0,364 $\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, co jest istotnym novum, ponieważ podawano wcześniej mniejsze wartości HI, oscylujące w zakresie 0,25–0,34 $\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ [Huehn 1993, Scott i in. 1999, Diepenbrock 2000]. W tej pracy wykazano specyficzne rozłożenie powietrznie suchej biomasy w dolnych odcinkach pędu głównego rzepaku. Udowodniono empirycznie logiczne założenie, że podwyższanie wysokości cięcia roślin rzepaku ozimego w czasie zbioru prowadziło do oczekiwanej poprawy wartości HI łąnu. Podniesienie wysokości cięcia roślin łąnu w czasie zbioru z 0 cm (kontrola) do 60 cm poprawiało wartość wskaźnika plonowania u obydwu odmian, odpowiednio o 0,079 $\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (Adam) i 0,070 $\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (Poznaniak). Łan rzepaku w Głubczycach odznaczał się największymi wartościami HI. Przeciwna sytuacja wystąpiła w Prusach, ponieważ rośliny rzepaku w tej miejscowości były masywne, a przy tym mniej produktywne, co spowodowało uzyskanie gorszych wartości HI. Również w pracy B5 wykazano, że wysokie cięcie roślin łąnu na poziomie 60 cm, licząc od powierzchni gleby, wydaje się technicznie łatwiejsze, z uwagi na fakt pozostawienia na polu dolnych – grubszych fragmentów pędów – głównego i bocznych, w formie wysokiej ścierni. Należy zakładać, że

takie rozwiązanie agrotechnologiczne może optymalizować zbiór łąnu rzepaku ozimego, poprzez techniczne ułatwienie i przyspieszenie wykonalności tej czynności. Oszacowana ilość biomasy ścierni rzepaku pozostająca na polu zależała przede wszystkim od sezonu wegetacji. Przy wysokim cięciu roślin, na poziomie 60 cm ponad powierzchnią gruntu, ilość biomasy pozostająca na polu po zbiorze rzepaku w sezonie wegetacji 2011/2012 wynosiła $4,03 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, natomiast w sezonie 2010/2011 była mniejsza i kształtowała się na poziomie $2,34 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Wnioski wynikające z przeprowadzonych badań z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

1. W bardzo dobrych warunkach glebowych (kompleks pszeny bardzo dobry) najsilniej na wielkość plonu nasion, elementy składowe plonu, cechy morfologiczne roślin i efektywność wykorzystania azotu oddziaływały warunki pogodowe w latach badań. Wpływ wielkości dawki azotu był słabszy, a w przypadku nawożenia siarką i czynnika odmianowego najczęściej nieistotny statystycznie. Istotny przyrost plonu nasion następował do dawki $150 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Większa dawka $200 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ oraz dawka ustalona na podstawie testu glebowego N_{\min} nie powodowały znaczących zmian wielkości plonu nasion.
2. Reakcja odmian na wielkość dawek N była zbliżona, aczkolwiek odmiana ‘Adam’ najlepiej plonowała przy dawce największej tj. $200 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ ($3,80 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), a odmiana ‘Poznaniak’ przy dawce $150 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ ($3,85 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), co wskazuje na zróżnicowanie odmian rzepaku pod względem wymagań nawozowych. Skuteczność dawki N ustalonej w oparciu o test glebowy N_{\min} zależała od przebiegu pogody w sezonach wegetacyjnych. W drugim i trzecim sezonie badań największe plony nasion, odpowiednio $3,39$ i $4,65 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ uzyskano nawożąc rośliny dawkami ustalonymi na podstawie azotu glebowego (N_{\min}), których wielkość wynosiła odpowiednio 184 i $145 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$.
3. Efektywność plonotwórcza azotu w niewielkim stopniu zależała od odmiany. Większą produktywność azotu w obrębie mniejszych dawek, do $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, wykazywała odmiana ‘Adam’, przy większych dawkach 150 i $200 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ efektywność azotu była jednakowa. Sezony wegetacyjne wyraźnie modyfikowały efektywność porównywanych dawek nawożenia azotowego. Większą efektywność agronomiczną azotu, uzyskano przy nawożeniu rzepaku ozimego w oparciu o test azotu mineralnego (N_{\min}), a wartości dla dawek azotu 150 , 200 i $N_{\min} = 154 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ wynosiły odpowiednio $13,7$, $10,3$ i $14,6 \text{ kg nasion na kg azotu}$.

4. Warunki jesiennej wegetacji oraz zimowania roślin rzepaku determinowały utrzymanie optymalnej obsady roślin. Znaczące zmniejszenie zagęszczenia roślin związane było z niedoborami opadów wody we wrześniu i listopadzie, które w pierwszej kolejności wpływały ograniczająco na wschody, a w dalszej perspektywie spowalniały wzrost i rozwój roślin co w konsekwencji miało wpływ na zimotrwałość rzepaku.
5. Wielkość wskaźników wegetacyjnych charakteryzujących łan oraz liście (GAI, NDVI i SPAD) zależała przede wszystkim od zaawansowania wzrostu i rozwoju roślin rzepaku (fazy rozwojowej) oraz warunków siedliskowych w których prowadzona była uprawa. Największe wartości wskaźnika zieloności liścia (SPAD) rośliny rzepaku ozimego wykazywały na początku kwitnienia, indeksu zieleni łanu (NDVI) w fazie wydłużania łodyg, a maksymalną wielkość powierzchni asymilacyjnej łanu (GAI) w okresie od pełni do końca kwitnienia.
6. Najsilniejszy związek korelacyjny ($r=0,74$) odnotowano w okresie kwitnienia pomiędzy plonem nasion a wielkością wskaźnika GAI oraz pomiędzy plonem a GAI ($r=0,63$) i NDVI ($r=0,66$) na początku pąkowania. Słabszy związek wystąpił w fazie pełni kwitnienia, kiedy wskaźniki GAI i NDVI wykazywały umiarkowany do bardzo słabego stopień wzajemnej korelacji. Istotną korelację odnotowano natomiast pomiędzy wskaźnikami SPAD i NDVI na początku i na końcu kwitnienia.
7. Zastosowanie regresji prostoliniowej do analizy współzależności pomiędzy wskaźnikami wegetacyjnymi charakteryzującymi łan i liście a wielkością uzyskiwanych plonów wykazało ścisłą dodatnią zależność pomiędzy indeksem zieleni łanu (NDVI) a wielkością powierzchni asymilacyjnej łanu (GAI) w fazie wydłużania pędu ($R^2=0,65$) oraz pod koniec kwitnienia ($R^2=0,53$). W okresie kwitnienia zależność ta była znacznie słabsza ze względu na zmianę zabarwienia łanu co skutkowało zmniejszeniem wartości NDVI pomimo zwiększającej się powierzchni asymilacyjnej łanu. Pomędzy plonem nasion a wielkością wskaźników GAI i SPAD nie wykazano istotnej korelacji prostoliniowej, natomiast stosując model regresji segmentowej uzyskano duże przybliżenie wielkości rzeczywistych plonów nasion w zależności od wielkości wskaźników GAI, SPAD i NDVI wynoszące odpowiednio 72,9, 64,4 i 72,3%.
8. Żerowanie jeleniowatych na plantacjach produkcyjnych rzepaku ozimego spowodowało kilkukrotne zmniejszenie plonu nasion z jednostki powierzchni. Całkowite zgryzienie (uszkodzenie) pędu głównego prowadziło do zmniejszenia liczby wykształconych łuszczyń, liczby nasion w łuszczyńce i powodowało słabe wykształcenie nasion. W odniesieniu do odgałęzień bocznych wyrosłych na uszkodzonych roślinach rzepaku,

- żerowanie jeleniowatych skutkowało głównie zmniejszeniem liczby łuszczyn. Łuszczyny z uszkodzonych roślin wykształcone na pędach bocznych zawiązywały zbliżoną liczbę nasion charakteryzujących się podobną do roślin nieuszkodzonych masą 1000 nasion. Żerowanie jeleniowatych prowadziło do skrócenia ogonka łuszczyn wyrastających na pędzie głównym rzepaku. Znaczne skrócenie ogonka i części owocującej łuszczyny skutkowało istotnym zmniejszeniem liczby nasion w łuszczynie.
9. Wysokie cięcie roślin łąnu na poziomie 60 cm, licząc od powierzchni gleby, jest technicznie łatwiejsze, z uwagi na fakt pozostawienia na polu dolnych – grubszych fragmentów pędów – głównego i bocznych, w formie wysokiej ścierni. Takie podejście do zbioru rzepaku technicznie może usprawnić i przyspieszyć pracę kombajnu, co skutkuje zmniejszeniem nakładów energetycznych i ekonomicznych. Przy wysokim cięciu roślin, na poziomie 60 cm ponad powierzchnią gruntu, masa pozostawionej na polu ścierni (resztek poźniwnych) zależała od sezonu wegetacyjnego i kształtowała się w granicach od 2,34 do 4,03 t·ha⁻¹.
 10. Zwiększenie przy zbiorze rzepaku wysokości cięcia roślin z 0 cm (kontrola) do 60 cm prowadziło do poprawy wartości wskaźnika plonowania (HI) u odmiany Adam o 0,079 g·g⁻¹ i 0,070 g·g⁻¹ u odmiany Poznaniak. Wielkość wskaźnika plonowania rolniczego zależała od warunków siedliskowych. W bardzo dobrych warunkach siedliskowych HI z reguły przyjmował większe wartości, natomiast w mniej korzystnych warunkach dla wzrostu i rozwoju mniejsza produktywność roślin przy ich masywnej budowie powodowała zmniejszenie wartości HI.
 11. W zbliżonych warunkach zagęszczenia łąnu przed zbiorem, mieszczącej się w zakresie 39-41 szt·m⁻², rośliny półkarłowej odmiany rzepaku w porównaniu do tradycyjnej długołodygowej odmiany 'SY Kolumb' były przeciętnie o 6,2 cm niższe, o 6,7 cm niżej się rozgałęziały i wykształcały istotnie mniej odgałęzień bocznych. Obydwie odmiany rzepaku zawiązywały zbliżoną ilość łuszczyn na roślinie oraz odgałęzieniach bocznych, natomiast na pędzie głównym istotnie więcej odmiana półkarłowa, która w efekcie miała więcej łuszczyn przypadających na jednostkę długości pędu owocującego. U odmiany półkarłowej na 10 cm odcinku pędu głównego zawiązywało się 12,3 łuszczyn, a u odmiany tradycyjnej tylko 9,8. Podobną zależność obserwowano na pędach bocznych, jednak miała ona charakter tendencji i nie została potwierdzona statystycznie. Rzepak półkarłowy zawiązywał przeciętnie 10,6 łuszczyn na 10 cm pędu bocznego, a odmiana tradycyjna o 2,38 mniej.
 12. Lokalizacja łuszczyn i nasion w określonej warstwie łąnu determinuje przede

wszystkim zawartość tłuszczu, w mniejszym stopniu natomiast wpływa na pozostałe elementy składu chemicznego nasion. Nasiona rzepaku pochodzące z łuszczyn zawiązanych w górnej części łanu charakteryzowały się istotnie większą zawartością tłuszczu niż te z dolnej warstwy łanu. Pomiedzy zawartością tłuszczu w nasionach z łuszczyn środkowej i górnej warstwy łanu wystąpiła jedynie tendencja wzrostowa. Zróżnicowane warunki siedliskowe nie miały wpływu tylko na zawartość białka. Nasiona rzepaku wykształcone na roślinach uprawianych w bardzo dobrych warunkach siedliskowych charakteryzowały się mniejszą zawartością popiołu, tłuszczu i włókna, natomiast zawierały nieco więcej białka w porównaniu do nasion wykształconych w mniej korzystnych warunkach siedliskowych.

13. Przy zachowaniu optymalnej obsady roślin, zawierającej się na poziomie ok. 40 szt. · m⁻², w łanie rzepaku ozimego wydzieliły się trzy kategorie roślin, o zróżnicowanych cechach morfologicznych. Najczęściej (37,6%) w łanie rzepaku występowały małe rośliny wykształcające od 1 do 4 odgałęzień bocznych, nieco mniejszy udział (35,1%) miały rośliny średnie posiadające od 5 do 7 odgałęzień, a najmniejszy rośliny duże mające osiem bądź więcej odgałęzień bocznych. Silnie rozgałęzione, duże rośliny rzepaku ozimego mimo, że stanowiły tylko 27,2% końcowej obsady, to decydowały w 52,5% o plonie nasion z jednostki powierzchni. Wkład w plon nasion z jednostki powierzchni roślin małych był niewielki, mimo, że ich udział w zagęszczeniu łanu był największy. O produktywności łanu rzepaku ozimego w największym stopniu, ok. 85%, stanowiły rośliny duże i średnie, które wykształcały powyżej 5 odgałęzień bocznych.
14. U rzepaku ozimego większy wkład w plon nasion z pojedynczej rośliny mają odgałęzienia boczne, na których sumarycznie wykształca się około 70% całkowitej liczby nasion. Masa łuszczyn i masa nasion z pojedynczej łuszczyny były większe w przypadku owoców wykształconych na pędzie głównym, natomiast łuszczyny zawiązane w dolnej i środkowej części (pozycje I i II) pędu głównego posiadały większą liczbę nasion charakteryzujących się mniejszą masą w porównaniu do nasion z łuszczyn osadzonych w górnej części pędu głównego. Zbliżone tendencje wystąpiły także w odniesieniu do liczby i masy nasion z łuszczyn umiejscowionych na pędach bocznych. Wkład w plon nasion z pojedynczej rośliny łuszczyn dużych, średnich i bardzo dużych był większy niż łuszczyn małych i bardzo małych. Te kategorie owoców liczące u rzepaku 67,7% decydowały w 80,1% o plonie nasion z rośliny.

Literatura

- Archer J.R., Vaidyanathan L.V. 1982. Fertilizer for winter oilseed rape. *J. Sci. Food Agric.* 33: 1262–1263.
- Bartkowiak-Broda I. 2005. Kierunki hodowli i nasiennictwo. W: *Technologia produkcji rzepaku*. Praca pod red. Muśnickiego i in., Wyd. Wieś Jutra: 52-61.
- Batool A., Ashraf M., Akram N.A., Al-Qurainy F. 2013. Salt-induced changes in growth, some key physio-biochemical attributes, activities of enzymatic and levels of non-enzymatic antioxidants in cauliflower (*Brassica oleracea* L.). *J. Hort. Sci. Biot.* 88:231-241.
- Berry P.M., Spink J.H., 2006. A physiological analysis of oilseed rape yields: Past and future. *J. Agric. Sci.* 144, 381-392.
- Bilsborrow P.E., Evans E.J., Milford G.F.J., Fieldsend J.K. 1995. The effects of S and N on the yield and quality of oilseed rape in the U.K. *Proceed. 9th Int. Rapeseed Congress, Cambridge University*, 1: 280–283.
- Budzyński W. 1986. Studium nad wpływem niektórych czynników agrotechnicznych na zimowanie i plonowanie odmian podwójnie uszlachetnionego rzepaku ozimego. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst. Agricult.* 41 B: 3–54.
- Budzyński W., Ojczyk T. 1995. Influence of sulphur fertilization on seed yield and seed quality of double low oilseed rape. *Proceed. 9th Int. Rapeseed Congress, Cambridge University*, 1: 284–286.
- Budzyński W., Ojczyk T. 1996. Rzepak–produkcja surowca olejarskiego. Wyd. ART Olsztyn.
- Dawkins T.C.K. 1983. Some factors in successful cropping. 2. Oilseed rape. *Span* 26(3): 116–117.
- Diepenbrock W. 2000. Yield analysis of winter rape (*Brassica napus* L.): a review. *Field Crops Res.* 67, 35-49.
- FAO. FAOSTAT [Internet]. 2018 [cited 2018 Mar 1]. Available from: <http://faostat.fao.org>
- Fathi G., Banisaeidi A., Siadat S.A., Ebrahimipour F. 2002. The effect of different nitrogen levels and plant density on canola yield in climate conditions of Khouzestan province Iran *Sci. J. Agric.* 25: 43–57.
- Fitzgerald G.J., Rodriguez D., O’Leary G. 2010. Measuring and predicting canopy nitrogen nutrition in wheat using a spectral index: The Canopy Chlorophyll Content Index (CCCI). *Field Crops Research*, 116, 318-324.
- Flis M. 2009. Szkody w uprawach rolniczych w świetle szkodliwego oddziaływania rolnictwa na ekosystemy. *Biotop. Zagrożenia biotopów leśnych*. Uniwersytet Opolski, Opole: 123-132.
- Flis M. 2010. Zmienność wielkości szkód wyrządzonych przez dziki w zróżnicowanych strukturach agrocenoz. *Biul. IHAR*, 256: 193-204.
- Flis M. 2013. Intensywność występowania szkód wyrządzonych przez dziki w zróżnicowanych warunkach środowiskowych, na tle dynamiki liczebności populacji. *Annales UMCS, sec. EE, Zootechnica*, 31 (1): 10-21.
- Fotyma E. 2003. Wpływ nawożenia siarką na wykorzystanie azotu z nawozów mineralnych przez rośliny uprawy polowej. *Nawozy i Nawożenie/Fertilizer and Fertilization* 4: 117–136.
- Guo Y, Sheng C, Li Z, Cowling W. 2014. Center of origin and centers of diversity in an ancient crop, *Brassica rapa* (turnip rape). *J Hered.*, 105(4): 555–565. <http://dx.doi.org/10.1093/jhered/esu021>
- Haneklaus S., Paulsen H.M., Gupta A.K., Bloem E., Schnug E. 1999. Influence of sulfur fertilization on yield and quality of oilseed rape and mustard. *Proceed. 10th Int. Rapeseed Congress, Canberra*.
- Hao X., Chang C., Travis G.J. 2004. Short communication: effect of long-term cattle manure application on relations between nitrogen and oil content in canola seed. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 167: 214-215.
- Hua W., Li R.J., Zhan G.M., Liu J., Li J., Wang H.F., Liu G.H., Wang H.Z. 2012. Maternal control of seed oil content in *Brassica napus*: the role of silique wall photosynthesis. *Plant J.* 69:432-444.
- Huehn M., 1993. Harvest index versus grain/straw ratio. Theoretical comments and experimental results on the comparison of variation. *Euphytica* 68, 27-32.
- Jackson G. 2000. Effect of nitrogen and sulphur on canola yield and nutrient uptake. *Agron. J.* 92: 644-649.
- Jakubus M., Toboła P. 2005. Zawartość siarki ogólnej i siarczanowej w rzepaku ozimym w zależności od nawożenia. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, 26(1): 149–161.
- Jankowski K. 2007. Siedliskowe i agrotechniczno-ekonomiczne uwarunkowania produkcji nasion rzepaku ozimego na cele spożywcze i energetyczne. *UWM Olsztyn, Rozpr. Monogr.*, 131: ss. 174.
- Jankowski K., Budzyński W. 2007. Reakcja różnych form hodowlanych rzepaku ozimego na termin i gęstość siewu II. Plon nasion i jego składowe. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops XXVIII(2)*: 195–207.
- Jankowski K., Budzyński W., Załuski D., Hulanicki P., Dubis B. 2016. Using a fractional factorial design to evaluate the effect of the intensity of agronomic practices on the yield of different winter oilseed rape morphotypes. *Field Crop. Res.* 188: 50–61.
- Jankowski K.J., Rybacki R., Budzyński W. 2005. Nawożenie a plon nasion rzepaku ozimego w gospodarstwach wielkoobszarowych. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXVI (2): 437-450.
- Jankowski K.J., Rybacki R., Budzyński W. 2005. Nawożenie a plon nasion rzepaku ozimego w gospodarstwach wielkoobszarowych. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, 26(2): 437–450.

- Janzen H.H., Bettany J.R. 1984. Sulphur nutrition of rapeseed. II. Effect of time of sulphur application. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48: 107–112.
- Justes E, Denoroy P, Gabrielle B, Gosse G. 2000. Effect of crop nitrogen status and temperature on the radiation use efficiency of winter oilseed rape. *Eur. J. Agron.* 13(2):165–177.
- Kotecki A., Kozak M., Malarz W. 2004. Wpływ zróżnicowanego poziomu agrotechniki na rozwój i plonowanie odmian rzepaku ozimego. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops XXV(1)*: 97–107.
- Krauze A., Bowszys T. 2000. Wpływ stosowania różnych technologii nawozów siarkowych na plonowanie i jakość rzepaku ozimego i jarego. *Fol. Univ. Agric. Stetin., Agricultura* 81: 133–142.
- Kulig B., Oleksy A., Pyziak K., Styrc N., Staroń J. 2010. Wpływ warunków siedliskowych na plonowanie oraz zróżnicowanie wybranych wskaźników roślinnych populacyjnych odmian rzepaku ozimego. *Rośliny Oleiste XXXI*: 99 – 114.
- Kulig B., Oleksy A., Pyziak K., Styrc N., Staroń J. 2012. Wpływ warunków siedliskowych na plonowanie oraz wielkość wybranych wskaźników vegetacyjnych zrestorowanych odmian rzepaku ozimego. *Fragmenta Agronomica* 29 (1): 83 – 92.
- Li Y.S., Yu C.B., Zhu S., Xie L.H., Hu X.J., Liao X., Liao X.S., Che Z. 2014. High planting density benefits to mechanized harvest and nitrogen application rates of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Soil Sci. and Plant Nutr.*, 60(3): 384–392.
- Liersch A., Bartkowiak-Broda I., Ogrodowczyk M. 2000. Ocena plonowania i cech jakościowych różnego typu odmian mieszańcowych rzepaku ozimego. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops, XXI(2)*: 341–358.
- Liersch A., Bartkowiak-Broda I., Ogrodowczyk M. 2004. Analysis of the variability of yield components and heterosis effect of CMS *ogura* hybrids of oiseed rape (*Brassica napus* L.). *Rośliny oleiste - Oilseed Crops, XXV(2)*: 371–382.
- McGrath S.P., Zhao F.J. 1996. Sulphur uptake, yield responses and the interaction between nitrogen and sulphur in winter oilseed rape (*Brassica napus*). *J. Agric. Sci.* 126: 53–62.
- McGrath S.P., Zhao F.J., Blake-Kalff M.A. 2003. History and outlook for sulphur fertilizers in Europe. *Nawozy i Nawożenie/Fertilizer and Fertilization* 2(15): 81–103.
- Mkhabela M.S., Bullock P., Raj S., Wang S., Yang Y. 2011. Crop yield forecasting on the Canadian Prairies using MODIS NDVI data. *Agricultural and Forest Meteorology.* 3(151): 385-393.
- Moradi-Telavat M.R., Siadat S.A., Nadian H., Fathi G. 2008. Effect of nitrogen and boron on canola yield and yield components in Ahwaz, Iran *Int. J. Agric. Res.* 3: 415-422.
- Mousavi SMM., Hosseini SZ., Resalati H., Mahdavi S., Garmaroody ER. 2013. Papermaking potential of rapeseed straw, a new agricultural-based fiber source. *J Clean Prod.*, 52: 420–424. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.02.016>
- Mušnicki Cz. 1989. Charakterystyka botaniczno-rolnicza rzepaku ozimego i jego plonowanie w zmiennych warunkach środowiskowo-agrotechnicznych. *Rocz. AR Poznań, Rozpr. Nauk.* 191, ss. 154.
- Nyborg M., Bentlej C.F., Hoyt P.B. 1974. Effect of sulfur deficiency on seed yield of turnip rape. *Sulphur Inst. J.* 10(1): 14–15.
- Oleszek W., Ascard J., Johansson H. 1994. Brassicae jako rośliny alternatywne umożliwiające kontrole zachwaszczenia w rolnictwie zachowawczym. *Fragm. Agron.*, 11(4): 5–19.
- Özer H. 2003. Sowing date and nitrogen rate effects on growth, yield and yield components of two summer rapeseed cultivars. *Eur. J. Agron.* 19(3), 453–463.
- Öztürk Ö. 2010. Effects of source and rate of nitrogen fertilizer on yield, yield components and quality of winter rapeseed (*Brassica napus* L.). *Chilean J. Agric. Res.* 70: 132–141.
- Piekarczyk J., Wójtowicz M., Wójtowicz A. 2004. Wpływ nawożenia azotowego i odmian na charakterystyki spektralne łanu rzepaku ozimego. *Rośliny Oleiste, XXV*: 281-290.
- Podleśna A. 2003. Wstępna ocena potrzeb nawożenia siarką rzepaku ozimego. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, 24(2): 641–649.
- Podleśna A. 2004. Wpływ nawożenia siarką na zawartość i pobieranie składników pokarmowych przez rzepak ozimy. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, 25(2): 627–636.
- Raper T.B., Varco J.J., Hubbard K.J. 2013. Canopy-based Normalized Difference Vegetation Index Sensors for Monitoring Cotton Nitrogen Status. *Agronomy Journal*, 105, 1345-1354.
- Rathke G.W., Behrens T., Diepenbrock W. 2006. Integrated nitrogen management strategies to improve seed field, oil content and nitrogen efficiency of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): A review. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 117: 80–108.
- Rathke G.-W., Christen O., Diepenbrock W. 2005. Effects of nitrogen source and rate on productivity and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown in different crop rotations. *Field Crop. Res.* 94: 103–113.
- Rondanini DP., Gomez NV., Agosti MB., Miralles DJ. 2012. Global trends of rapeseed grain yield stability and rapeseed-to-wheat yield ratio in the last four decades. *Eur J Agron.*, 37(1): 56–65. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2011.10.005>

- Samborski S.M., Tremblay n., Fallon E. 2009. Strategies to make use of plant sensors-based diagnostic information for nitrogen recommendations. *Agronomy Journal*, 101, 800-816.
- Scott R.K., Stokes D.T., McWilliam S.C., Spink J.H., Clare R.W. 1999. Yield improvement through canopy management. Proc. 10th Int. Rapeseed Congress, Canberra, Australia.
- Sieling K., Kage H. 2010. Efficient N management using winter oilseed rape. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 30(2): 271–279.
- Sieling K., Christen O. 1997. Effect of preceding crop combination and N fertilization on field of six oil-seed rape cultivars (*Brassica napus* L.). *Europ. J. Agron.*, 7: 301–306.
- Sieling, K., O. Christen, B. Nemat and H. Hanus. 1997. Effects of previous cropping on seed yield and yield components of oil-seed rape (*Brassica napus* L.). *Eur. J. Agron.* 6:215-223.
- Spasibionek S. 2004. The traits of winter oilseed rape mutants with changed fatty acid composition. *Rośliny oleiste - Oilseed Crops*, XXV(2): 383–401.
- Szukiel E. 2001. Ochrona drzew przed roślinożernymi ssakami. Wyd. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych. Warszawa: 7-141.
- Toboła P., Jakubus M. 2006. Wpływ nawożenia siarką na plonowanie rzepaku ozimego w zależności od poziomu zaopatrzenia roślin w siarkę. XXVIII Konferencja Naukowa Rośliny Oleiste, Streszczenia: 67–69.
- Veromann E., Toome M., Kännaste A., Kaasik R., Copolovici L., Flink J., Kovács G., Narits L., Luik A., Niinemets Ü. 2013. Effects of nitrogen fertilization on insect pests, their parasitoids, plant diseases and volatile organic compounds in *Brassica napus*. *Crop Prot.* 43:79–88.
- Walczkova M., Zagórda M. 2005. Variable rate application of fertilizers in growing winter wheat with use of yield maps. *Agricultural Engineering*, 10(70), 375–384.
- Walker K.C., Booth E.J. 1994. Sulphur deficiency in Scotland and the effects of sulphur supplementation on yield and quality of oilseed rape. *Norw. J. Agric. Sci., Suppl.* 15: 97–104.
- Węgorok P., Korbas M., Zamojska J., Bandyk A. 2011. Wpływ wielkości i rodzaju uszkodzeń rzepaku ozimego przez zwierzęta łowne na plonowanie roślin. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 51 (1): 227-231.
- Weymann W., Bottcher U., Sieling K., Kage H. 2015. Effects of weather conditions during different growth phases on yield formation of winter oilseed rape. *Field Crops Res.*, 173: 41–48. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2015.01.002>
- Wielebski F. 2006. Nawożenie różnych typów odmian rzepaku ozimego siarką w zróżnicowanych warunkach glebowych I. Wpływ na plon i elementy struktury plonu nasion. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops* 27(2): 265–282.
- Wielebski F. 2008. Efektywność nawożenia siarką różnych typów hodowlanych odmian rzepaku w świetle wyników wieloletnich doświadczeń polowych. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, 29(1): 91–103.
- 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. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXX(1): 75–90.
- Wielebski F., Wójtowicz M. 2003. Wpływ wiosennego nawożenia siarką na plon i zawartość glukozyolanów w nasionach odmian mieszańcowych złożonych rzepaku ozimego. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, 24(1): 109–119.
- Wielebski F., Wójtowicz M., Horodyski A. 2002. Agronomical practices of oilseed rape in investigations of Department of Oilseed Crops of Plant Breeding and Acclimatization Institute in Poznań. *Rośliny oleiste - Oilseed Crops*, XXIII(2): 31-52.
- Wójtowicz A., Wójtowicz M., Piekarczyk J. 2005. Zastosowanie teledetekcji do monitorowania i oceny produktywności plantacji rzepaku. *Rośliny Oleiste*, XXVI: 269-276.
- Wójtowicz M. 2004. Wpływ nawożenia azotowego i warunków środowiskowych na cechy biologiczne i użytkowe złożonych odmian mieszańcowych rzepaku ozimego Kaszub i Mazur. *Rośl. Oleiste/Oilseed Crops* 16(1): 109–123.
- Wójtowicz M. 2013. Rola czynników środowiskowych i agrotechnicznych w kształtowaniu wielkości i jakości plonu rzepaku ozimego (*Brassica napus* L.). Wyd. IHAR-PIB Radzików, Monogr. Rozpr. Nauk. 45, ss. 111.
- Wójtowicz M., 2005. Wpływ warunków środowiskowych na zmienność i współzależność pomiędzy plonem nasion rzepaku ozimego oraz komponentami jego struktury. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXVI(1): 99–110.
- Wójtowicz M., Jajor E., Wójtowicz A., Korbas M., Wielebski F. 2017. Wpływ gęstości wysiewu nasion i poziomu nawożenia azotem na rozwój i plonowanie rzepaku ozimego. *Fragm. Agron.* 34(3): 130–141.
- Zagórda M., Walczyk M., Kulig B. 2007. Precyzyjne nawożenie azotem pszenicy ozimej na podstawie pomiarów SPAD. *Inżynieria Rolnicza*, 11, 249-256.

- Zajac T., Klimek-Kopyra A., Oleksy A., Lorenc-Kozik A., Ratajczak K. 2016. Analysis of yield and plant traits of oilseed rape (*Brassica napus* L.) cultivated in temperate region in light of the possibilities of sowing in arid areas. *Acta Agrobot.*, 69(4): 1696–1709.
- Zaller J.G., Moser D., Drapela T., Schmöger C., Frank T. 2008. Effect of within-field and landscape factors on insects damage in winter oilseed rape. *Agric. Ecosyst. Environ.* 123: 233–238.
- Zhao F.J., McGrath S.P., Blake-Kalff M.M.A., Link A., Tucker M. 2003. Crop responses to sulphur fertilization in Europe. *Nawozy i Nawożenie/Fertilizers and Fertilization*, 3(16): 26–51.

Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo — badawczych

Moja działalność naukowa jest ściśle powiązana z tematyką badań prowadzonych w Zakładzie Szczegółowej Uprawy Roślin Instytutu Produkcji Roślinnej Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. Większość prac wykonałem w zespołach badawczych, co miało związek ze skalą ich kompleksowości i interdyscyplinarności. W okresie po uzyskaniu stopnia naukowego doktora realizowana przeze mnie tematyka badawcza skupiała się na następujących zagadnieniach:

1. Dobór komponentów i ocena wzajemnych relacji w zasiewach mieszanych
2. Efektywność nawożenia azotowego oraz jego wpływ na plonowanie, elementy składowe plonu, architekturę łanu oraz jakość plonu, z uwzględnieniem mikrobiologicznych preparatów poprawiających właściwości gleby
3. Doskonalenie technologii uprawy i jej wpływ na plonowanie, jakość surowca i zdrowotność zbóż

Ad. 1. Dobór komponentów i ocena wzajemnych relacji w zasiewach mieszanych

Jedne z pierwszych badań nad siewami mieszanymi (II.A.8) roślin bobowatych ze zbożami dotyczyły oceny produktywności, kształtowania się parametrów fizjologicznych (LAI - Leaf Area Index, PAR - Photosynthesis Active Radiation) oraz wzajemnych relacji w łanie pomiędzy roślinami bobiku tradycyjnej odmiany ‘Olga’ i samokończącej ‘Optimal’ oraz owsa nagiego ‘Polar’ w zależności od udziału komponentów w mieszance (25:75; 50:50; 75:25). W badaniach tych dowiedziono, że proporcje gatunków w mieszance decydują o wielkości plonu nasion oraz modyfikują jego strukturę, a także wielkość wskaźników LAI i PAR. Wykazano również istotny wpływ warunków pogodowych na kształtowanie elementów składowych plonu, wielkość powierzchni asymilacyjnej, wykorzystanie promieniowania fotosyntetycznie czynnego oraz wydajność siewów mieszanych. Zwiększenie z 25 do 75% udziału bobiku w mieszance siewnej zarówno odmiany tradycyjnej ‘Olga’, jak i samokończącej ‘Optimal’ korzystnie wpłynęło na plonowanie bobiku w siewie mieszanym z owsem, zwiększając plon nasion odpowiednio o 940 i 760 kg·ha⁻¹. Dla formy nagiej owsa lepszym komponentem

mieszanek siewnych była odmiana tradycyjna 'Olga', gdyż uzyskane plony ziarna owsa były większe niż w mieszankach siewnych z odmianą samokończącą 'Optimal'. O korzystniejszym wpływie odmiany Olga na plonowanie owsa w siewie mieszanym świadczyło również wysokie plonowanie owsa w mieszance z jego 75% udziałem ($2,09 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), które kształtowało się na porównywalnym poziomie w odniesieniu do siewu czystego ($2,36 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$). Wykazano, że siewy mieszane lepiej wykorzystywały PAR niż siewy czyste. Najlepiej we wszystkich latach badań promieniowanie fotosyntetycznie czynne wykorzystywały mieszanki o jednakowym udziale komponentów. Stwierdzono również, że w porównywanych wariantach siewów mieszanych, komponent bobowaty, gdy występował w mieszance w przewadze (75%) w sposób komplementarny wykorzystywał limitowane zasoby siedliska, a w przypadku odmiany samokończącej 'Optimal' również jednakowy udział okazał się korzystny, o czym świadczyły większe od jedności wartości współczynnika ekwiwalentu terenowego LER. Współczynnik konkurencyjności (CR) bobiku i owsa większe od jedności wartości przyjmował gdy komponenty wysiewano w jednakowym udziale po 50% lub gdy dany komponent dominował w mieszance siewnej (75%). Również agresywność (A) bobiku względem owsa w mieszankach była większa.

W kolejnych badaniach (II.D.65) dotyczących zasiewów mieszanych, podjąłem temat uprawy lnu oleistego z pszenicą jarą. W tej innowacyjnej mieszance traktowanej jako opcja agrotechniczna dla zrównoważonego rolnictwa, analizowano również wpływ sposobu siewu w różnych proporcjach (75:25, 50:50, 25:75) na plonowanie, cechy morfologiczne roślin oraz za pomocą wskaźników konkurencyjności oceniono wzajemne relacje pomiędzy komponentami mieszanki. Uzyskane wyniki wykazały, że sposób siewu lnu (różny jego udział w mieszance) nie wpływał w sposób istotny na kształtowanie się liczby nasion w torebce, co świadczy o dużej niezależności rozwojowej kwiatostanu lnu oleistego. Jednak masa pojedynczego nasienia oraz masa nasion z torebki wykazywały tendencję wzrostową w miarę zmniejszania udziału lnu w siewie mieszanym. Taka reakcja lnu na uprawę w mieszance z pszenicą sugeruje, że siew mieszany pozwala uzyskać plon nasion o właściwych parametrach użytkowych. Badania te wykazały również, że uprawa lnu w mieszance wyraźnie zmniejsza liczbę i masę nasion z pojedynczego pędu zwłaszcza gdy jego udział w siewie mieszanym jest niewielki, stanowi 25% składu mieszanki siewnej. Powyższe zależności wynikały ze znaczącego zmniejszenia się liczby odgałęzień w kwiatostanie spowodowane poprzez wyraźne zmniejszenie długości kwiatostanu lnu oleistego. Konsekwencją takiego zachowania rozwojowego roślin było ograniczenie wykształcania torebek na pędzie, co z

kolei skutkowało redukcją masy nasion z pędu oraz masy całego pędu. Wykazane wyraźne zmniejszenie produktywności pojedynczej rośliny lnu uprawianego w mieszance, spowodowało istotne obniżenie wartości współczynnika plonowania rolniczego (HI), co było szczególnie widoczne w mieszance siewnej z małym udziałem lnu oleistego (25%). Reakcja pszenicy jarej na uprawę w mieszance z lnem była odmienna, gdyż pszenica zwiększyła długość kłosa, na którym zawiązywała więcej kłosek i wykształcała więcej ziaren w kłosie niż uprawiana w siewie czystym. W wyniku lepszego krzewienia się roślin i tworzenia większej liczby źdźbeł kłosonośnych z dużą liczbą ziaren, wykształcane w kłosach ziarniaki charakteryzowały się mniejszą masą. Skutkiem tego było niewielkie zróżnicowanie plonu ziarna z kłosa. Niewielka tendencja wzrostowa masy ziarna z kłosa notowana była tylko przy małym (25%) jej udziale w mieszance siewnej. Niewielki udział pszenicy w mieszance sprzyjał jej rozwojowi, co uwidoczniło się również w masie pojedynczego pędu. Wskaźnik plonowania rolniczego zależał od sposobu siewu. W zasiewach mieszanych HI pszenicy był istotnie mniejszy niż w siewie czystym, co wynikało przede wszystkim z większej masy źdźbła pszenicy jarej w siewie mieszanym. Cechy morfologiczne roślin pszenicy nie były modyfikowane przebiegiem warunków pogodowych, a odnotowane zmiany wynikały przede wszystkim ze sposobu siewu. Badania te wykazały, że konkurencyjność (CR) lnu względem pszenicy zwiększała się proporcjonalnie do udziału lnu w mieszance siewnej. Podobną zależność stwierdzono w odniesieniu do pszenicy. Większe od jedności wartości współczynnika konkurencyjności (CR) oraz dodatnie wartości wskaźnika agresywności (A) potwierdziły dominację pszenicy nad lnem w siewie mieszanym. Największą agresywność wykazywała pszenica gdy występowała w mieszance w przewadze (75%).

W kolejnych badaniach nad produktywnością zasiewów mieszanych podjęto próbę oceny przydatności lnu do uprawy w siewie mieszanym z roślinami bobowatymi (prace II.A.3, II.A.15, II.D.70). Badania te zmierzały do porównania wzrostu i produktywności oraz składu chemicznego i jakości oleju lnu oraz grochu uprawianych w siewie czystym i mieszanym. Ponadto ocenie poddano kształtowanie się cech morfologicznych obu gatunków oraz interakcję występującą między gatunkami podczas ich wspólnej wegetacji jako efekt reakcji na taki sposób siewu. Wykazano, że wzrost i rozwój roślin w danym sezonie wegetacyjnym zależał od sposobu siewu. Większe plony biomasy nadziemnej w kolejnych fazach ontogenezy uzyskano w latach o większych opadach w czasie wegetacji roślin. Przeciwna sytuacja notowana była w latach o mniejszych opadach i większej temperaturze powietrza, które ograniczały wzrost i rozwój roślin w efekcie zmniejszając plon suchej masy lnu i

grochu. Większą zmienność akumulacji biomasy w kolejnych fazach rozwojowych i sezonach wegetacyjnych obserwowano w zasiewach mieszanych. Stwierdzono, że nadmiar opadów pod koniec wspólnej wegetacji mieszanek sprzyjał wyleganiu roślin, co ograniczało wydajność biomasy nadziemnej. Z kolei suchy i ciepły sezon wegetacyjny był promotorem większej wydajności biomasy szczególnie na wczesnych etapach wzrostu i rozwoju roślin. Ponadto wzajemne relacje pomiędzy roślinami w łanie mieszanki modyfikowane były przez warunki pogodowe. Świadczy o tym obliczony dla suchej masy nadziemnej wskaźnik agresywności (A), który był znacząco różny pomiędzy sezonami badań, większy w latach o korzystnym przebiegu pogody (rok 2004). Ponadto wykazano zróżnicowaną reakcję odmian lnu i grochu na uprawę w siewie mieszanym. Znacznie większą agresywnością pomiędzy komponentami charakteryzowała się mieszanka złożona z lnu odmiany 'Flanders' i grochu 'Ramrod' niż mieszanka lnu 'Barbara' z grochem 'Phönix'. Potwierdził to również wskaźnik konkurencyjności (CR), który dla mieszanki lnu 'Flanders' z grochem 'Ramrod' był istotnie większy. Kultywacje odmianowe lnu 'Barbara' i grochu 'Phönix' uprawiane w mieszance wykazywały znacznie mniejszą konkurencyjność oraz lepiej wykorzystywały zasoby siedliska, co potwierdził wskaźnik ekwiwalentu terenowego (LER-1,20). Plony relatywne lnu zarówno w latach badań, jak w siewie mieszanym kształtowały się powyżej 0,5 i były zawsze większe niż grochu. Badania te wykazały, że w siewach mieszanych z lnem dorodność nasion grochów 'Ramrod' i 'Phoenix' warunkowana była przyjętym sposobem siewu, ale równie silnie ilością dostępnej wody. W roku optymalnym do wzrostu i rozwoju grochy wykształcały większą masę nasion z rośliny w siewie czystym niż w mieszanym. Natomiast w roku suchym znacząco większą masę nasion odmiana 'Phönix' wykształciła w siewie mieszanym z lnem 'Barbara'. Reakcja grochu jadalnego 'Ramrod' na uprawę w mieszance objawiała się redukcją o 37% owocującej części pędu, zmniejszeniem o 33% liczby strąków na roślinie i o 6% masy 1000 nasion w odniesieniu do uprawy w siewie czystym.

Kontynuacją tych badań (II.A.15) była analiza laboratoryjna mająca na celu określenie wpływu sposobu siewu na podstawowy skład chemiczny nasion lnu i grochu uprawianych w siewie czystym i mieszankach oraz zawartość aminokwasów w białku i profil kwasów tłuszczowych oleju obu gatunków. Wykazano, że skład chemiczny nasion grochu nie był istotnie różnicowany przez metodę siewu, czysty lub mieszany. W przypadku lnu obserwowano tendencję do zwiększania się ilości białka w nasionach pochodzących z zasiewów mieszanych z grochem, co wskazuje na niewielki transfer azotu między systemami korzeniowymi obu gatunków w siewach mieszanych. Profil kwasów tłuszczowych grochu i

siemienia lnianego uprawianych w siewie czystym lub w mieszance nie podlegał wpływowi sposobu siewu. Uprawa lnu w mieszance z grochem powodowała zwiększenie zawartości aminokwasów treoniny i proliny w białku odmiany 'Flanders'. W odniesieniu do grochu obserwowano znaczące różnice w zawartości aminokwasów limitujących wartość żywieniową, głównie cysteiny w nasionach grochu odmiany 'Phonix' uprawianej w siewie mieszanym z lnem odmiany 'Barbara'. Nieznaczna różnica w zawartości cysteiny była warunkowana ilością dostępnej wody. W latach bardziej korzystnych do uprawy grochu stwierdzono nieznacznie większą zawartość cysteiny w nasionach z siewu mieszanego, natomiast w roku suchym odnotowano odwrotne zjawisko. Zawartość metioniny w nasionach grochu była nieznacznie większa w siewie czystym niż w mieszankach, niezależnie od doboru odmian i przebiegu pogody. Biorąc pod uwagę brak istotnego wpływu sposobu siewu na skład chemiczny nasion, profil kwasów tłuszczowych, ich skład aminokwasowy, agrofitocenozy złożone z lnu i grochu mogą być zalecane jako korzystna alternatywa produkcji w zrównoważonym rolnictwie mogąca ograniczyć zużycie nawozów azotowych bez wyraźnych negatywnych skutków w jakości nasion.

W badaniach nad porównaniem produktywności i przydatności zbóż ozimych do uprawy w mieszankach (II.A.6), analizowano parametry wzrostu i rozwoju jęczmienia, żyta, pszenicy i pszenżyta oraz mieszanek; jęczmienia z żytem i pszenicy z pszenżytem (każda mieszanka z udziałem komponentów: 67% + 33% i 50% + 50%). Wykazano, że gatunki zbóż ozimych odmiennie reagowały na uprawę w mieszankach. Jęczmień i pszenica, a więc gatunki o krótszej słomie uprawiane w siewie mieszanym zwiększały długość jednocześnie ograniczając masę źdźbła. Odmienną reakcję obserwowano u żyta, gatunku o najdłuższej słomie, która uległa skróceniu pod wpływem uprawy w mieszankach. Stwierdzone wyrównywanie się wysokości roślin w łanie poszczególnych mieszanek, będące efektem plastyczności źdźbeł zbóż, wpłynęło na mniejszy stopień wylegania łanu szczególnie gdy w mieszance dominowały (67%) gatunki o krótszej słomie. Takie zachowanie w łanie mieszanym gatunków świadczy o wystąpieniu adaptacji rozwojowej do zaistniałych warunków w czasie wspólnej wegetacji w mieszance. Zgodnie z oczekiwaniem, liczba ziaren w pojedynczym kłosie jęczmienia ozimego, rosnącego w mieszankach z długosłomym żytem zmniejszała się, a czynnikiem sprawczym takiej reakcji było prawdopodobnie zacienienie, jako skutek dominacji wyższej rośliny towarzyszącej (żyta) w agrofitocenozie. W siewie mieszanym żyta z jęczmieniem ozimym, w której jęczmień miał udział 67% a żyto 33% odnotowano większą liczbę ziaren w kłosie żyta w porównaniu z uprawą tego gatunku w

siewie czystym. Wykazano ponadto, że dwugatunkowe mieszanki zbóż ozimych plonują lepiej od ich komponentów w siewach czystych, szczególnie w chłodniejszych i bardziej wilgotnych sezonach wegetacji, w których różnice w plonach ziarna między mieszankami a czystymi zasiewami wynosiły od 1,03 do 1,33 t·ha⁻¹. W tych badaniach najbardziej produktywną była mieszanka pszenicy z pszenżytem o jednakowym udziale komponentów, która w zależności od sezonu wegetacyjnego plonowała w zakresie od 11,1 do 11,8 t·ha⁻¹. W każdym sezonie wegetacji najwięcej azotu w plonie ziarna gromadziło pszenżyto, przewyższając pod tym względem pozostałe gatunki zbóż ozimych, uprawianych w czystym siewie. Mieszanki pobrały z plonem ziarna istotnie więcej azotu (16-32 kg N·ha⁻¹) w porównaniu z siewem czystym. Większy udział jęczmienia, kosztem żyta, stymulował pobieranie azotu z plonem ziarna. Mieszanka pszenicy z pszenżytem wysiana w równej proporcji (50:50) akumulowała najwięcej azotu w plonie (192-203 kg N·ha⁻¹). Mieszanki odznaczały się istotnie większą wartością LER obliczoną na podstawie plonu nasion i plonu białka, co wskazuje na bardziej efektywne wykorzystanie przestrzeni, w porównaniu z zasiewami czystymi. Istotnie większe wartości LER (1,17) uzyskała mieszanka jęczmienia z żytem, co wskazuje na większą produktywność tej mieszanki w porównaniu z zasiewem czystym.

Ad. 2. Efektywność nawożenia azotowego oraz jego wpływ na plonowanie, elementy składowe plonu, architekturę łanu oraz jakość plonu, z uwzględnieniem mikrobiologicznych preparatów poprawiających właściwości gleby

W pracach II.A.4 i II.D.52 oceniano wpływ nawożenia azotowego stosowanego w ilości: 0, 40 80, 120 i 160 kg N·ha⁻¹ oraz preparatów mikrobiologicznych: Proplantan AM, Efektywne Mikroorganizmy (EM) i Użyźniacz Glebowy UGmax na plonowanie oraz efektywność nawożenia pszenicy jarej z uwzględnieniem ilości azotu mineralnego pozostającego w glebie po zbiorze pszenicy jarej. Porównywane dawki N wpływały istotnie na poziom plonowania pszenicy oraz wielkość elementów składowych plonu. Zwiększanie dawki N do poziomu 160 kg N·ha⁻¹ powodowało istotny, aczkolwiek proporcjonalnie coraz mniejszy przyrost plonu ziarna. Największy przyrost plonu stwierdzono po zastosowaniu najmniejszej dawki 40 kg N·ha⁻¹, średnio 1,8 t·ha⁻¹ (53,8%). Czynnikiem ograniczającym efektywność większych dawek azotu w uprawie pszenicy była naturalna żyzność gleby. Wszystkie z stosowanych dawek N powodowały istotne zwiększenie obsady kłosów w porównaniu do dawki mniejszej. Zwiększenie liczby ziaren w kłosie pod wpływem

wzrastających dawek azotu następowało tylko do poziomu nawożenia $80 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Również dorodność ziarna pszenicy jarej podlegała istotnemu statystycznie wpływowi nawożenia azotowego. Najmniejszą masą 1000 ziaren odznaczała się pszenica nienawożona azotem, średnio 38,4 g, największą natomiast nawożona dawką $120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, średnio 40,5 g, przy czym istotne zwiększenie wartości tej cechy pod wpływem wzrastających dawek azotu analogicznie, jak w przypadku liczby ziaren w kłosie, odnotowano tylko do poziomu nawożenia $80 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. W tych badaniach wykazano znaczący wpływ mikrobiologicznych preparatów poprawiających właściwości gleby na wielkość plonu ziarna pszenicy jarej. Największy przyrost plonu stwierdzono pod wpływem aplikacji preparatów Proplantan AM oraz Efektywne Mikroorganizmy (EM), średnio $0,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Pobranie azotu z plonem ziarna, jak również z masą całych roślin, zależało od poziomu nawożenia tym składnikiem. Pszenica jara pobierała od $78 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ w obiekcie bez nawożenia do $184 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ w obiekcie nawożonym dawką $160 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, a udział azotu zdeponowanego w ziarnie stanowił średnio 82% całkowitego pobrania tego składnika. Poziom nawożenia azotem miał istotny wpływ również na wartość pozostałych wskaźników efektywności nawożenia: efektywność wykorzystania azotu – NUE (N use efficiency), efektywność rolniczą azotu – NAE (N agronomic efficiency), efektywność fizjologiczną azotu – NPE (N physiological efficiency) i stopień wykorzystania azotu z nawozu – NRF (N apparent recovery fraction). W omawianych badaniach największą wartość wskaźnika NUE stwierdzono na obiektach z dawką $40 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, średnio $32,4 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Każde kolejne zwiększenie dawki N powodowało istotne zmniejszenie efektywności wykorzystania azotu. Najmniejszą wartość indeksu NUE odnotowano pod wpływem największej dawki $160 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, średnio $24,7 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Efektywność rolnicza azotu (NAE) malała proporcjonalnie do wielkości dawki z 45,8 do $22,6 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Również efektywność fizjologiczna azotu (NPE) malała wraz z wielkością dawki N. Największą efektywnością azotu pobranego zarówno z nawozu mineralnego, jak i z rezerw glebowych, średnio $54,2 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$ odznaczały się rośliny pszenicy jarej nawożone dawką $40 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, najmniejszą natomiast rośliny nawożone dawką $160 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, odpowiednio $34,9 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Wartość wskaźnika NRF pozwoliła stwierdzić, że zastosowany azot najlepiej wykorzystywały rośliny nawożone dawką 40 i $80 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, odpowiednio 82,8 i 78,9%, a najgorzej rośliny nawożone dawką $160 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, średnio 65,5%. Wpływ preparatów poprawiających właściwości gleby na wielkość wskaźników efektywności nawożenia azotowego był stosunkowo niewielki. Znaczące zwiększenie pobrania azotu stwierdzono po zastosowaniu preparatów Efektywne Mikroorganizmy (EM) i Użyźniacz Glebowy UGmax. Największy wpływ ocenianych preparatów na wielkość pobrania azotu odnotowano na

objektach nienawożonych azotem. Zastosowanie preparatów mikrobiologicznych istotnie zwiększyło efektywność wykorzystania azotu (NUE), nie miało jednak wpływu na efektywność fizjologiczną azotu (NPE). Stosowanie Efektywnych Mikroorganizmów (EM) powodowało zmniejszenie efektywności rolniczej azotu (NAE) o $2,8 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$, a preparatu Użyźniacz Glebowy UGmax działało odwrotnie, zwiększając efektywność rolniczą o $2,6 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$. W omawianych badaniach stwierdzono również zmniejszenie wykorzystania azotu z nawozów (NRF) po zastosowaniu preparatów Proplantan AM i Efektywne Mikroorganizmy (EM) odpowiednio o 4,6 i 6,0%. Ilość azotu w glebie (Nmin) po zbiorze pszenicy zależała zarówno od wielkości dawki, jak i aplikacji preparatów mikrobiologicznych. Zawartość Nmin w glebie po zbiorze roślin, szczególnie w górnych warstwach profilu glebowego zwiększała się proporcjonalnie do poziomu nawożenia azotem. Nawożenie azotowe stosowane w formie saletry amonowej powodowało większą kumulację N-NO₃ niż N-NH₄ w profilu glebowym, jednak w żadnym z obiektów nawozowych po zbiorze pszenicy jarej tj. w II dekadzie sierpnia nie stwierdzono przekroczenia bezpiecznej dla środowiska zawartość N-NO₃ w glebie.

Wyniki badań zamieszczone w pracy II.D.52 wskazują, że poziom nawożenia azotem istotnie wpływał na plonowanie pszenicy, a każda z zastosowanych dawek azotu powodowała istotny przyrost plonu ziarna w porównaniu z mniejszą dawką tego składnika. Istotne zwiększenie liczby ziaren w kłosie oraz masy 1000 ziaren występowało tylko do poziomu nawożenia $80 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Przyrost plonu ziarna pszenicy w obiektach nawożonych azotem w 75% zależał od obsady kłosów, w 17% od liczby ziaren w kłosie oraz w 8% od masy 1000 ziaren. Wzrastające dawki azotu powodowały zwiększenie wkładu obsady kłosów w zwyczaję plonu ziarna oraz zmniejszenie udziału liczby ziaren w kłosie i masy 1000 ziaren w różnicowaniu plonu. Mikrobiologiczne preparaty poprawiające właściwości gleby w niewielkim stopniu oddziaływały na plonowanie pszenicy. Istotny wpływ dotyczył wielkości plonu ziarna oraz obsady kłosów. Największy przyrost plonu, średnio o $0,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ stwierdzono w obiektach, w których aplikowano preparaty AM oraz EM, głównie za sprawą większej o 4% obsady kłosów.

W kolejnych badaniach, prace II.A.11 i II.D.57 oceniano wpływ poziom nawożenia N (0, 60, 90, 120 i $150 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$) na wielkość plonu ziarna, jego strukturę i zawartość białka w ziarnie (II.D.57) oraz nagromadzenie azotu w plonie ziarna, nadziemnej biomasy i na kształtowanie się wskaźnika plonowania rolniczego, indeksu azotu i wskaźników efektywności wykorzystania azotu (NUE, NUtE, NAE, NPE, NRF) (II.A.11) u dwóch odmian pszenicy jarej ('Bombona' i 'Tybalt'). W pracy II.A.11 stwierdzono, że stosowanie coraz

większych dawek N, zwiększało ilość azotu w plonie ziarna pszenicy z 56 do 92 kg N·ha⁻¹, a w nadziemnej biomacie z 70 do 123 kg N·ha⁻¹ i zmniejszyło większość wskaźników efektywności. Wykazano zróżnicowaną zdolność odmian pszenicy do akumulacji azotu w nadziemnej biomacie, a także przekształcenie zaabsorbowanego azotu w ziarno, dlatego konieczne jest indywidualne podejście do potrzeb nawożenia odmian. Największą wartość NHI 84%, PFNUE 139,5 kg·kg⁻¹, NAE 32,7 kg·kg⁻¹, NPE 72,2 kg·kg⁻¹ i NRF 47% stwierdzono dla najniższej dawki N 60 kg N·ha⁻¹. Każde zwiększenie dawki N powodowało znaczne obniżenie wartości wskaźników efektywności. Nagromadzenie azotu w ziarnie i nadziemnej biomacie oraz wielkość wskaźników efektywności nawożenia NAE, NPE i NRF zależały od czynnika odmianowego. Mniejsza ilość opadów atmosferycznych w okresie wegetacyjnym korzystnie wpłynęła na kształtowanie się wskaźników NHI, NUtE, NAE i NPE, natomiast większa ilość opadów ograniczała wielkość wskaźników PFNUE, NAE, NPE i NRF. W celu poprawy skuteczności stosowania wysokich dawek azotu (150 kg N·ha⁻¹) w warunkach nadmiernych opadów zaleca się korektę programu nawożenia podczas okresu wegetacyjnego pszenicy jarej.

Wyniki badań zamieszczone w pracy II.D.57 wykazały, że zróżnicowane warunki pogodowe w okresie badań, jak i czynnik odmianowy wpływają na poziom plonowania pszenicy jarej. Nawożenie azotowe powodowało istotny przyrost plonu ziarna do dawki 90 kg N·ha⁻¹, przy której uzyskano największy plon ziarna. Większe dawki azotu 120 i 150 kg N·ha⁻¹ nie powodowały istotnego zwiększenia poziomu plonowania, a wręcz przeciwnie, obserwowano tendencję do zmniejszania poziomu plonowania. Spośród elementów składowych plonu ziarna tylko liczba kłosów na jednostce powierzchni podlegała wpływowi warunków pogodowych. Liczba ziaren w kłosie i masa 1000 ziaren, podobnie jak liczba kłosów zależały od odmiany. Poziom nawożenia azotowego wpływał na zwiększenie obsady kłosów i masy 1000 ziaren do dawki 60 kg N·ha⁻¹. Zawartość białka w ziarnie zależała od przebiegu warunków pogodowych, odmiany oraz poziomu nawożenia azotem. Spośród porównywanych odmian większym nagromadzeniem białka w ziarnie odznaczała się odmiana 'Bombona', która plonowała niżej niż odmiana 'Tybalt'. Stosowane dawki azotu powodowały zwiększenie zawartości białka w ziarnie w zakresie od 13,1 do 15,2% przy zastosowaniu największej 150 kg N·ha⁻¹ dawki azotu.

Ad. 3. Doskonalenie technologii uprawy i jej wpływ na plonowanie, jakość surowca i zdrowotność zbóż

W badaniach dotyczących określenia wpływu intensywności technologii uprawy na plonowanie, skład chemiczny i jakość ziarna (II.D.31, II.D.33, II.D.34, II.D.35) oraz zdrowotność roślin pszenicy (II.D.19, II.D.25, II.D.53, II.D.58, II.D.59, II.D.69, II.A.14) wykazano korzystną reakcję odmian na zwiększone nawożenie azotowe oraz ochronę fungicydową i aplikację retardanta. Wielkość plonu ziarna pszenicy jarej zależała od roku uprawy, intensywności technologii oraz odmiany (II.D.31). Wykazano, że odmiany pszenicy mają zróżnicowane wymagania odnośnie intensywności technologii uprawy. Niezależnie od czynnika odmianowego technologia intensywna w odniesieniu do średniointensywnej zwiększała poziom plonowania o blisko 12%. Czynniki odmianowy oraz warunki pogodowe istotnie różnicowały wielkość wszystkich elementów struktury plonu ziarna, natomiast wpływ intensywności technologii zaznaczył się tylko w liczbie kłosów na jednostce powierzchni. W przypadku pszenicy ozimej (II.D.34) technologia intensywna powodowała zwiększenie plonu ziarna o $1,07 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ oraz wskaźnika LAI w fazie kłoszenia i rozwoju ziarna odpowiednio o 14 i 23%. W porównywanych technologiach wskaźnik LAI był mocno skorelowany z plonem ziarna. Silniejszy związek stwierdzono w fazie kłoszenia ($r=0,92-0,93$) niż w fazie rozwoju ziarna ($r=0,84-0,87$). Istotne zależności wystąpiły również pomiędzy plonem ziarna a powierzchnią blaszek liściowych jednego pędu i liścia flagowego, odpowiednio $r=0,56-0,59$ i $r=0,42-0,55$. Związek pomiędzy plonem ziarna a LAI w fazie kłoszenia i rozwoju ziarna dobrze opisywała funkcja liniowa. Dopasowanie funkcji było nieco lepsze w fazie kłoszenia niż rozwoju ziarna; współczynniki determinacji wynosiły odpowiednio $0,84-0,86$ i $0,70-0,75$. Intensywność technologii uprawy istotnie oddziaływała na zawartość i plon białka pszenicy ozimej (II.D.33) oraz zawartość białka w ziarnie pszenicy jarej (II.D.35). Uprawa pszenicy ozimej w technologii intensywnej powodowała zwiększenie zawartości białka w ziarnie o 0,9 punktu procentowego, a wydajności białka o $230 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ w porównaniu z uprawą w technologii średnio intensywnej. Wpływ technologii uprawy na zawartość i plon białka zależał od przebiegu warunków pogodowych oraz odmiany, natomiast plon białka w warunkach intensywnej technologii uprawy nie podlegał wpływowi warunków pogodowych. Zastosowanie zróżnicowanych technologii w przypadku pszenicy jarej (II.D.35) modyfikowało kształtowania się masy 1000 ziaren oraz celność i wyrównania ziarna. Czynniki odmianowy istotnie oddziaływał na wszystkie oceniane cechy jakościowe ziarna. Prezentowane powyżej rezultaty badań wskazują, że ze względu na indywidualną reakcję odmian oraz zróżnicowane warunki pogodowe panujące w okresie wegetacji, intensyfikacja

produkcji ziarna pszenicy w warunkach glebowych kompleksu pszennego bardzo dobrego nie zawsze jest uzasadniona. Potwierdzają to również badania, w których porównywano opłacalność produkcji ziarna różnych grup użytkowych pszenicy ozimej w zależności od intensywności technologii uprawy (II.D.27). Kalkulacja kosztów wykazała większą wartość wskaźników opłacalności produkcji ziarna pszenicy chlebowej i jakościowej uprawianej wg technologii średnio intensywnej niż pszenicy paszowej uprawianej w technologii intensywnej.

W badaniach nad wpływem agrotechniki i przebiegu warunków pogodowych w okresie wegetacji na nasilenie występowania agrofagów (II.D.25) stwierdzono duże zróżnicowanie odmian w podatności na większość notowanych chorób grzybowych. Choroby podstawy źdźbła (fuzaryjna zgorzeli podstawy źdźbła i korzeni oraz łamliwość źdźbła zbóż) wystąpiły w większym nasileniu na formie jarej. Nie stwierdzono znaczącego wpływu poziomu agrotechniki na występowanie tych chorób. Z chorób występujących na liściach i pochwach liściowych w większym nasileniu stwierdzono rdzę brunatną na pszenicy jarej. Mączniak prawdziwy na liściach obu form pszenicy występował w bardzo małym nasileniu, a fuzarioza na liściach i kłosach wystąpiła w większym nasileniu u formy ozimej. Obie formy pszenicy były w podobny sposób uszkodzane przez owady. Obserwowano nieliczne uszkodzenia powodowane przez mszyce i miniarki, ale w istotnie większym nasileniu na roślinach uprawianych w intensywnej technologii produkcji. Największe uszkodzenia roślin powodowały skrzypionki. W innych badaniach oceniających szkodliwość skrzypionek w uprawie pszenicy twardej i zwyczajnej (II.D.53) wykazano, że pszenica twarda była częściej uszkodzana przez skrzypionki niż pszenica zwyczajna szczególnie gdy w uprawie stosowano mniej intensywny poziom agrotechniki. W przypadku chorób podsuszkowych nie stwierdzono znaczących różnic pomiędzy porażeniem pszenicy twardej i zwyczajnej, jednak zauważalny był wpływ sezonu wegetacyjnego na nasilenie występowania łamliwości podstawy źdźbła oraz fuzaryjnej zgorzeli podstawy źdźbła i korzeni u obu gatunków (II.D.58). Nieco większe nasilenie występowania objawów obu sprawców chorób obserwowano u pszenicy twardej ('Komnata'). Uprawa pszenicy w technologii intensywnej wpływała ograniczająco na nasilenie występowania chorób podsuszkowych.

W badaniach nad oceną zdrowotności pszenicy twardej w zależności od wielkości dawki nawożenia azotowego (II.D.59) stwierdzono występowanie w istotnym nasileniu fuzaryjnej zgorzeli podstawy źdźbła i korzeni, łamliwości źdźbła zbóż, fuzariozy liści, czerni zbóż, fuzariozy kłosów oraz septoriozy plew. Zastosowanie największej dawki azotu $225 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ sprzyjało porażeniu roślin przez sprawców fuzaryjnej zgorzeli podstawy źdźbła oraz septoriozy plew. Zróżnicowane nawożenie azotem nie wpłynęło istotnie na łamliwość źdźbła.

Porażenie kłosów przez sprawców septoriozy plew i czerni zbóż było najmniejsze przy dawce 90 kg N·ha⁻¹, a fuzariozy liści przy dawce 90 i 180 kg N·ha⁻¹. W badaniach nad oceną przydatności słowackich odmian pszenicy twardej do uprawy w warunkach Małopolski (II.D.69) analiza objawów chorobowych wykazała występowanie w znacznym nasileniu fuzariozy kłosów, septoriozy liści oraz czernienia kłosów. W mniejszym nasileniu stwierdzono występowanie fuzaryjnej zgorzeli podstawy źdźbła i korzeni, łamliwości źdźbła zbóż i traw, rdzy żółtej zbóż i traw, septoriozy kłosów oraz mączniaka prawdziwego zbóż i traw. Czynniki decydującymi o poziomie plonowania, zdrowotności roślin oraz kształtowaniu się wskaźnika LAI i dorodności ziarna były warunki pogodowe sezonu wegetacyjnego i poziom intensywności agrotechniki. Niekorzystne warunki pogodowe (niskie temperatury w zimie i opady na wiosnę) nie miały istotnego wpływu na wielkość wskaźnika LAI i masę 1000 ziaren, ale znacznie zmniejszyły plon. Zastosowanie intensywnej technologii uprawy powodowało ograniczenie występowania większości chorób grzybowych oraz poprawę ilości i jakości uzyskanego plonu, a podatność na choroby testowanych odmian była zbliżona. W badaniach II.A.14 oceniano wpływ terminu i gęstości siewu na porażenie odmian pszenicy twardej przez fuzariozę kłosa oraz nagromadzenie mykotoksyn w zebranych ziarnie. Nasilenie występowania fuzariozy zależało przede wszystkim od sezonu wegetacyjnego. Wśród gatunków z rodzaju *Fusarium* najliczniej występowały *F. graminearum*, a następnie *F. avenaceum*. We wszystkich sezonach badań odmiana 'Komnata' była najbardziej podatna na fuzariozę i akumulowała w ziarnie najwięcej mykotoksyn, natomiast odmiany Auradur i IS Pentadur wykazywały mniej objawów. Wysoka wrażliwość odmiany Komnata została potwierdzona przez liczbę izolatów *Fusarium* i większą zawartość mykotoksyn (deoksyniwalenolu, zearalenonu i moniliforminy) w ziarnie we wszystkich trzech sezonach badań, a nivalenol został zidentyfikowany tylko w próbkach odmiany Komnata.

Moje zainteresowania naukowe dotyczyły również analizy rozkładu biomasy w źdźble różnych gatunków zbóż (II.A.5), oceny wartości kalorycznej w zależności od wysokości ciecicia roślin podczas zbioru (II.A.13) oraz wpływu przedplonu i terminu siewu na wartość energetyczną pszenicy ozimej (II.D.38). W pracy II.A.5 stwierdzono, że porównywane gatunki i formy zbóż różnią się plonami słomy, które można ułożyć w następujący sposób: pszenica ozima > pszenica jara, pszenżyto ozime, jęczmień ozimy i owies > jęczmień jary. Dystrybucja masy w źdźbłach: pszenicy, jęczmienia jarego i owsa przebiegała liniowo, ulegając redukcji w górnych partiach źdźbła. Największą koncentrację masy przypadającą na

1 cm słomy wykazano w drugim międzywęźlu u obu form pszenicy i pszenżyta ozimego, natomiast u jęczmienia i owsa w pierwszym międzywęźlu. Oszacowano, że ze względu na specyficzne rozmieszczenie suchej masy w międzywęźlach obie formy pszenicy ozima i jara przy założonej na 15 cm wysokości ciecia roślin podczas zbioru pozostawiają na polu odpowiednio 22 i 24% masy słomy, jęczmień jary natomiast znacznie więcej bo aż 31%. Analizując wartość kaloryczną słomy jarych i ozimych roślin zbożowych (II.A.13) stwierdzono, że formy ozime pszenicy i pszenżyta akumulują więcej energii w czterech pierwszych międzywęźlach. Porównywane gatunki i formy zbóż pod względem wartości kalorycznej całego źdźbła łącznie z osadką kłosową i plewami można uszeregować następująco; pszenżyto> pszenica ozima> owies> pszenica jara> jęczmień ozimy> jęczmień jary. Badania te wykazały, że pomimo ewidentnych różnic morfologicznych w budowie źdźbła zbóż, akumulacja energii w suchej masie każdego międzywęźla jest podobna, co wskazuje na energetyczną jednorodność słomy zbóż. Niskie cięcie podczas zbioru do 10 cm (najmniejsza technologiczna wysokość), nie powoduje strat plonu słomy. Przyjęcie wyższego ciecia, powyżej 20 cm, wywołało straty w kaloryczności słomy zbóż. Zwiększanie wysokości ciecia pszenicy ozimej wywołało straty w plonie słomy $0,1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ na każdy 1 cm słomy pozostawionej na polu. W przypadku jęczmienia straty energii spowodowane wysokością ciecia były najmniejsze. W badaniach nad oceną wartości energetycznej pszenicy ozimej w zależności od przedplonu i terminu siewu (II.D.38) wykazano, że wartość energetyczna biomasy nadziemnej podlegała wpływowi czynników doświadczenia oraz ich współdziałania. Optymalny termin siewu pszenicy oraz jej uprawa w stanowisku po bobiku samokończącym były korzystniejsze pod względem wydajności energetycznej biomasy. Badania w zakresie oceny potencjału produkcyjnego w uprawie soi (II.D.62, II.A.10) miały na celu wykazanie możliwości uprawy soi niemodyfikowanej genetycznie jako źródła białka w zróżnicowanych warunkach glebowo-klimatycznych Polski. Stwierdzono, że istotnie zróżnicowany potencjał produkcyjny roślin soi odmiany 'Merlin' zależy od wysokości roślin, która determinowała liczbę strąków i nasion na roślinie. Niedobory wody istotnie obniżały wysokość osadzenia pierwszego owocującego węzła oraz ograniczały wzrost roślin, a w konsekwencji ich produktywność. Wyższe rośliny zawiązywały więcej strąków i nasion. Również skład chemiczny nasion zależał od warunków agroklimatycznych, stąd istotnie więcej białka ogółem zgromadziły nasiona zebrane w południowej Polsce. Uzyskane wyniki badań potwierdziły konieczność rejonizowania uprawy soi, uwzględniające warunki hydrologiczne kraju. Również wyniki zawarte w pracy II.A.10 wykazały silny wpływ warunków pogodowych w latach badań na plonowanie soi, obsadę roślin na jednostce powierzchni,

liczbę nasion w strąku, masę 1000 nasion oraz wysokość roślin i wysokość osadzenia pierwszego strąka. Natomiast liczba strąków z rośliny nie różniła się istotnie pomiędzy sezonami wegetacyjnymi i odmianami, co sugeruje iż cecha ta w niewielkim stopniu podlegała wpływowi warunków pogodowych i czynnika odmianowego. Poziom uzyskiwanych plonów zależał od czynnika odmianowego, lepiej plonowały odmiany z katalogu UE ('Aligator', 'ES Senator', 'Lissabon', 'Merlin') niż odmiany krajowe ('Aldana', 'Augusta'). Analizując skutki beznakładowego czynnika agrotechnicznego jakim jest termin siewu na potencjał produkcyjny maku odmiany 'Mieszko' (II.D.42) wykazano, że opóźniony termin siewu istotnie obniżył zagęszczenie roślin na jednostce powierzchni, a słaba kompensacja elementów składowych plonu spowodowała, że rośliny były mało produktywne. Natomiast siew w terminie optymalnym zwiększał liczbę torebek, które charakteryzowały się większą masą nasion. Wykazano, że u roślin maku wykształcających dwie torebki o plonie z rośliny w 70% decydowały makówki zlokalizowane na pędzie głównym. Natomiast u roślin wykształcających trzy makówki około 50% plonu uzyskiwano z torebek pochodzących z pędów bocznych, a u roślin o sześciu makówkach o plonie z pojedynczej rośliny w 77% decydowały odgałęzienia boczne. W badaniach nad wpływem konwencjonalnej i ekologicznej metody ochrony roślin oraz odmiany bobiku na plonowanie, kształtowanie się wskaźników wegetacyjnych roślin, a także charakterystykę systemu korzeniowego w wierzchniej warstwie gleby (II.A.7) stwierdzono, że sposób ochrony oraz czynnik odmianowy nie miały wpływu na parametry charakteryzujące system korzeniowy roślin bobiku: gęstość długości korzeni – RLD (root length density), specyficzną długość korzeni – SRL (specific root length), suchą masę korzeni – RDM (root dry matter) i średnią średnicę korzeni – MD (mean root diameter). Zastosowanie konwencjonalnej ochrony sprzyjało wykształceniu przez bobik większej powierzchni liści (LAI) niż w obiekcie kontrolnym oraz chronionym biopreparatami. Większy poziom plonowania bobiku poddanego ochronie był efektem większej liczby strąków na roślinie oraz masy 1000 nasion, a w przypadku ochrony chemicznej również większej liczny nasion w strąku. W innych badaniach wykazano większą produktywność bobiku o podwyższonej zawartości tanin niż odmian niskotaninowych (II.D.49). Stwierdzono także istotnie większą efektywność plonochronną insektycydu Karate Zeon 050 CSTM w porównaniu z biopreparatem Spuzit 04 EC. W badaniach polowych, w których określano wpływ odmiany, systemu uprawy roli i międzyplonu ścierniskowego na plonowanie oraz kształtowanie się wskaźników LAI i SPAD pszenicy jarej wykazano, że w stanowisku po bobiku można uzyskać wysoki plon ziarna przy stosunkowo niskim poziomie nawożenia azotowego (II.A.1). Międzyplon gorczyca białej korzystnie wpłyną na plonowanie

pszenicy, co szczególnie widoczne było w warunkach uproszczonej uprawy roli. Większy poziom plonowania w konwencjonalnym systemie uprawy roli wynikał z lepszej krzewistości roślin, większej powierzchni asymilacyjnej liści (LAI) oraz zawartości w nich chlorofilu (SPAD). Konwencjonalny system uprawy roli w porównaniu do systemu bezorkowego sprzyjał większemu nagromadzeniu białka w ziarnie. W badaniach nad produktywnością pszenicy ozimej uprawianej jako roślina ochronna dla seradeli, koniczyny białej i ich mieszanek przy zróżnicowanym nawożeniu azotowym wykazano, że pszenica stwarza wsiewkom śródplonowym korzystne warunki dla wzrostu i rozwoju bez względu na wielkość dawki azotu (II.D.44). Poziom nawożenia azotowego istotnie oddziaływał natomiast na plonowanie pszenicy. Wysiew międzyplonów ścierniskowych z gorczycy białej, grochu pastewnego i ich mieszanek po zbiorze pszenicy ozimej na obiektach, w których nie uprawiano wsiewek śródplonowych zwiększał biomasę nawozową, a ilość nagromadzonego azotu zależała od właściwości biologicznych uprawianego gatunku. Moje zainteresowania badawcze dotyczą również wykorzystania analizy ścieżek do wyjaśnienia zmienności plonowania (II.A.9) oraz modeli drzew klasyfikacyjnych i regresyjnych (CART) do określania biologicznych i środowiskowych czynników wpływających na masę pojedynczego nasienia grochu siewnego (II.A.12) oraz do analizy determinantów zmienności plonu pszenicy ozimej między polami produkcyjnymi w Polsce (II.D.73).

Podsumowanie bibliometryczne osiągniętego dorobku publikacyjnego

Mój dotychczasowy dorobek naukowy składa się z **100** publikacji w układzie pełnych prac naukowych, z czego **19** opublikowano w czasopismach znajdujących się w bazie JCR, a ich łączny IF zgodnie z rokiem opublikowania wynosi **24,898**. Są to czasopisma: European Journal of Agronomy, Field Crop Research, Journal of Natural Fibers, Applied Botany and Food Quality, International Agrophysics, Plant, Soil and Environment, Chilean Journal of Agricultural Research, Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science, International Journal of Plant Production, Science of Nature, Pakistan Journal of Agricultural Sciences. Ponadto jestem współautorem dwóch rozdziałów w monografii oraz 81 recenzowanych prac naukowych, które nie znajdują się w bazie JCR. Wyniki uzyskane w ramach prowadzonych badań były prezentowane także na wielu konferencjach naukowych (41), w tym na konferencjach międzynarodowych (9). Dotychczasowy dorobek naukowy przedstawiłem w tabeli 4.


Tabela 4. Dane bibliometryczne osiągniętego dorobku naukowego przed i po doktoracie

Wyszczególnienie	Przed doktoratem			Po doktoracie			Łącznie		
	liczba	pkt. MNiSW	IF	liczba	pkt. MNiSW	IF	liczba	pkt. MNiSW	IF
Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego									
lista A MNiSW	–	–	–	2	40	1,106	2	40	1,106
lista B MNiSW	–	–	–	8	59	–	8	59	–
Łącznie	-	-	-	10	99	1,106	10	99	1,106
Publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w bazie JCR (lista A MNiSW)	–	–	–	17	467	23,792	17	467	23,792
Publikacje naukowe w czasopismach innych niż znajdujące się w bazie JCR (lista B MNiSW)	19	34	–	54	350	–	73	384	–
Rzem	19	34	-	81	924	24,898	100	950	24,898
Rozdziały w monografiach	–	–	–	2	–	–	2	–	–
Publikacje w czasopismach recenzowanych które nie znalazły się na liście czasopism punktowanych MNiSW	–	–	–	3	–	–	3	–	–
Artykuły popularno naukowe	5	–	–	5	–	–	10	–	–
Liczba cytowań (bez autocytowań) wg bazy Web of Science	–	–	–	–	–	29	–	–	–
Indeks Hirscha wg bazy Web of Science	–	–	–	–	–	3	–	–	–

Według bazy Web of Science h-indeks prac z mojego dorobku naukowego wynosi 3. Zgodnie z załącznikami komunikatu MNiSW w sprawie wykazu czasopism naukowych łączna punktacja mojego dorobku naukowego, zgodnie z rokiem opublikowania pracy, wynosi 950 pkt. Po wyłączeniu 10 prac wchodzących w skład przedstawionego osiągnięcia naukowego mój pozostały dorobek naukowy stanowi 90 prac naukowych o łącznym IF 23,792 i punktacji MNiSW 851 pkt.

Pozostałe osiągnięcia w zakresie pracy naukowej, dydaktycznej, popularyzatorskiej i organizacyjnej zostały przedstawione w załączniku 3 do niniejszego wniosku.

Kraków, 07.02.2018 r.


Podpis Wnioskodawcy