



UNIWERSYTET RZESZOWSKI
WYDZIAŁ BIOLOGICZNO-ROLNICZY

Reakcja polskich odmian pszenżyta ozimego na wybrane elementy agrotechniki

Ewelina Janowska - Miąsik

Praca doktorska

wykonana w Katedrze Produkcji Roślinnej

pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Doroty Bobreckiej-Jamro

Rzeszów 2015

***Składam serdeczne podziękowania Pani Promotor
prof. dr hab. inż. Dorocie Bobreckiej-Jamro
za szereg odbytych dyskusji naukowych,
które stanowiły inspirację do stworzenia tej pracy
oraz za zaangażowanie i ogromną życzliwość.***

Ewelina Janowska-Miąsik

SPIS TREŚCI

1. Wstęp.....	4
2. Cel pracy.....	6
3. Przegląd literatury	7
4. Materiał i metody badań.....	28
4.1. Badania polowe	28
4.2. Badania laboratoryjne	32
4.3. Analiza statystyczna.....	33
5. Warunki realizacji doświadczenia	34
5.1. Warunki pogodowe	34
5.2. Warunki glebowe	36
6. Wyniki badań.....	37
6.1. Przebieg wegetacji roślin	37
6.2. Porażenie roślin przez choroby	41
6.3. Fizjologiczne cechy plonotwórcze	44
6.3.1. Zawartość chlorofilu w liściu flagowym	44
6.3.2. Wskaźniki struktury przestrzennej łanu	47
6.3.3. Wybrane wskaźniki wymiany gazowej	51
6.3.4. Wybrane wskaźniki fluorescencji chlorofilu	58
6.4. Cechy morfologiczne roślin	63
6.5. Plonowanie roślin.....	65
6.5.1. Elementy kształtujące plon.....	65
6.5.2. Plon ziarna i wybrane cechy fizyczne ziarna.....	67
6.5.3. Plon słomy	75
6.6. Zależności korelacyjne pomiędzy plonem a wybranymi cechami morfologicznymi i fizjologicznymi roślin	78
6.7. Skład chemiczny ziarna.....	82
6.7.1. Zawartość składników organicznych i popiołu	82
6.7.2. Zawartość składników mineralnych	85
6.7.3. Plon białka ogółem i wartość energetyczna plonu	90
7. Dyskusja	92
8. Wnioski.....	111
Literatura.....	113
Spis tabel.....	136
Spis wykresów	137
Streszczenie	138
Summary.....	139

1. Wstęp

Polska charakteryzuje się znacznym potencjałem produkcyjnym rolnictwa, który wynika z relatywnie dużej, w porównaniu do 27 krajów UE, powierzchni użytków rolnych oraz znacznych zasobów siły roboczej. O stopniu wykorzystania tego potencjału decydują specyficzne cechy warunków przyrodniczych Polski oraz cały kompleks uwarunkowań organizacyjno-ekonomicznych [Krasowicz i Kopiński 2006, Krasowicz i Igras 2003]. W polskim rolnictwie 55% powierzchni użytków rolnych zajmują zboża, a ich udział w zasiewach przekracza 70%. Pod względem powierzchni zasiewów oraz wielkości zbiorów zbóż Polska zajmuje trzecie miejsce w Unii Europejskiej. Na uwagę zasługuje również fakt, że Polska jest największym producentem pszenżyta na świecie [Arseniuk i Oleksiak 2009]. W 2014 roku powierzchnia zasiewów pszenżyta wynosiła 1 306 025 ha, w tym pszenżyto ozime zajmowało 1 092 734 ha, natomiast jare 213 291 ha [GUS 2015]. Zarówno dla formy ozimej jak i jarej widoczna jest tendencja wzrostu powierzchni przeznaczonej pod uprawę pszenżyta. Według Krasowicza i Kusia [2010] w perspektywie roku 2020 należy oczekiwać dalszego wzrostu areału uprawy tego zboża, co związane jest z jego dużą przydatnością paszową i znacznie mniejszymi wymaganiami płodozmianowymi w porównaniu do pszenicy.

Pszenżyto (*Triticosecale* sp. Wittmack ex A. Camus 1927) po raz pierwszy zostało opisane w 1875 r., kiedy to Wilson poprzez skrzyżowanie pszenicy zwyczajnej (*Triticum* ssp. Linnaeus 1753) z żytem (*Secale cereal* Linnaeus, 1753) otrzymał ich niepłodny mieszaniec. Pierwsze trwałe i płodne mieszańce uzyskał hodowca niemiecki Rimpau w 1889 roku. W Polsce prace badawcze i hodowlane nad pszenżytem heksaploidalnym rozpoczęto w Akademii Rolniczej w Lublinie na początku lat 60. XX wieku. W 1982 r. została wpisana do Rejestru Odmian Oryginalnych pierwsza Polska odmiana pszenżyta ozimego ‘Lasko’, a w 1987 r. odmiana jara ‘Jago’ [Arseniuk i in. 2003]. Aktualnie w doborze odmian COBORU znajduje się 53 odmiany pszenżyta, w tym 42 odmiany ozime [COBORU 2015].

Pszenżyto to gatunek zboża o dużym znaczeniu gospodarczym w Polsce oraz na świecie. Jego korzystne cechy takie jak: wysoka zawartość białka w ziarnie, wyższa niż u żyta strawność, lepszy od pszenicy skład aminokwasowy, mniejsze w porównaniu do pszenicy wymagania glebowe, większa odporność na suszę oraz zachwaszczenie gleby, wyższa niż u pszenicy i żyta odporność na choroby powodują, iż pszenżyto budzi zainteresowanie wśród rolników [Jaśkiewicz i Cyfert, 2005, Jaśkiewicz 2006]. Pszenżyto traktowane jest głównie jako

roślina paszowa. Jego zastosowanie w żywieniu bydła, trzody chlewnej, owiec oraz ptactwa było przedmiotem wielu badań [Boros 1999, Ciftci 2003, Jondreville 2007, Zarghi 2009].

W przypadku pszenżyta nie bez znaczenia jest również poziom technologii jego uprawy. Optymalizacja nawożenia czy właściwie dobrane środki ochrony roślin, poza korzystnym wpływem na rośliny, zmniejszają uciążliwość środowiskową uprawy. Określenie optymalnego poziomu intensywności technologii produkcji nowych odmian pszenżyta dostosowanych do lokalnych warunków glebowo-klimatycznych jest bardzo istotne, gdyż każda z wprowadzonych do uprawy nowych odmian może reagować na nią odmiennie [Pietkiewicz i in.1998].

2. Cel pracy

W hipotezie roboczej pracy założono, że wzrost poziomu nawożenia mineralnego oraz stosowanych środków ochrony roślin w uprawie tego zboża wpłynie korzystnie na plonowanie, cechy morfologiczne roślin oraz skład chemiczny ziarna, a zmniejszeniu ulegnie porażanie roślin przez choroby. Założono, że zwiększenie poziomu intensywności technologii produkcji pszenżyta ozimego wpłynie pozytywnie na przebieg procesów fizjologicznych zachodzących w roślinach.

Celem badań było określenie wpływu poziomu intensywności technologii produkcji pszenżyta ozimego na:

- przebieg wegetacji oraz cechy morfologiczne roślin,
- wielkość plonu ziarna i słomy,
- porażenie roślin przez choroby,
- wartość paszową ziarna (zawartość białka ogólnego, tłuszczu surowego, włókna surowego, popiołu surowego, makro- i mikroelementów oraz gęstość usypową),
- fizjologiczne cechy plonotwórcze (wybrane wskaźniki struktury przestrzennej łanu, zawartości i fluorescencji chlorofilu oraz wskaźniki wymiany gazowej w liściu flagowym).

3. Przegląd literatury

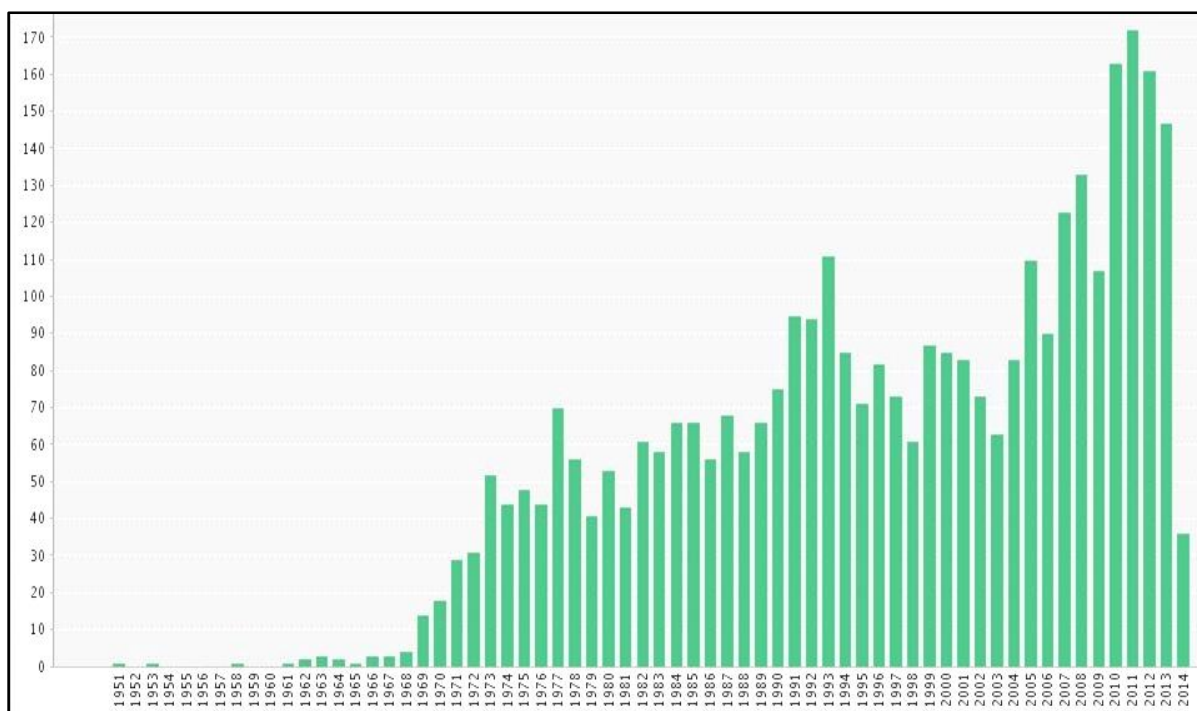
Pszenżyto to wyjątkowy, uprawny gatunek zboża. Wyjątkowość ta wynika z faktu, iż jest rezultatem zaplanowanego eksperymentu, podjętego z zamiarem uzyskania nowego gatunku, w założeniu łączącego zalety pszenicy i żyta, a pozbawionego wad gatunków rodzicielskich. Zboże to jest przykładem modyfikacji genetycznej dokonanej na długo przed pojawieniem się metod biologii molekularnej [Arseniuk 2002].

Pszenżyto uprawne (*Triticosecale* sp. *Wittmack ex A. Camus*) jest syntetycznym allopoliploidem uzyskanym w obrębie plemienia *Triticeae*. Jest mieszańcem międzyrodzajowym powstałym w wyniku skrzyżowania pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* L.) z żytem (*Secale cereale* L.). W zależności od sposobu otrzymania pszenżyto podzielić można na dwie formy: pszenżyto pierwotne i pszenżyto wtórne [Kiss i Videki 1971]. Pierwotne pszenżyto oktoploidalne (AABBDDRR) jest najstarszą syntetyczną formą mieszańcową, powstałą w wyniku krzyżowania pszenicy heksaploidalnej (AABBDD) z żytem diploidalnym (RR) i podwojenia liczby chromosomów (metodą kolchicynowania) w mieszańcach F1 [Drzewiecki 2008].

Uważa się, że pierwotne pszenżyto oktoploidalne nie nadaje się do uprawy, z powodu jego niestabilności cytogenetycznej i fizjologicznej oraz stosunkowo wysokiego udziału aneuploidów, nawet do 40% [Cuchija 1978]. Dla porównania, w polskich odmianach pszenżyta heksaploidalnego udział aneuploidów nie przekracza 10% [Rogalska i in. 1991, Małuszyńska i in. 2001].

Zdaniem Merkera [1976], o przewadze pszenżyta wtórnego nad pszenżytem pierwotnym decyduje fakt, że chromosomy genomów A i B pochodzące z form o różnym poziomie ploidalności łączą się podczas mejotycznego podziału jądra komórkowego ze sobą tworząc wtórne pszenżyto; zdaniem Sisodia i McGinnis [1970], wprowadzają one pożądaną w hodowli zmienność genetyczną. Pszenżyto wtórne cechuje się także wyraźnie lepszą stabilnością mejotyczną [Thomas i Kaltsikes 1972].

Zainteresowanie pszenżytem ciągle rośnie, co jest widoczne w ilości pozycji opublikowanych prac na temat tego rodzaju zboża (Wykres 1).



Wykres 1. Liczba opublikowanych pozycji na temat pszenżyta [ISI Web of Science®, Maj 2014]

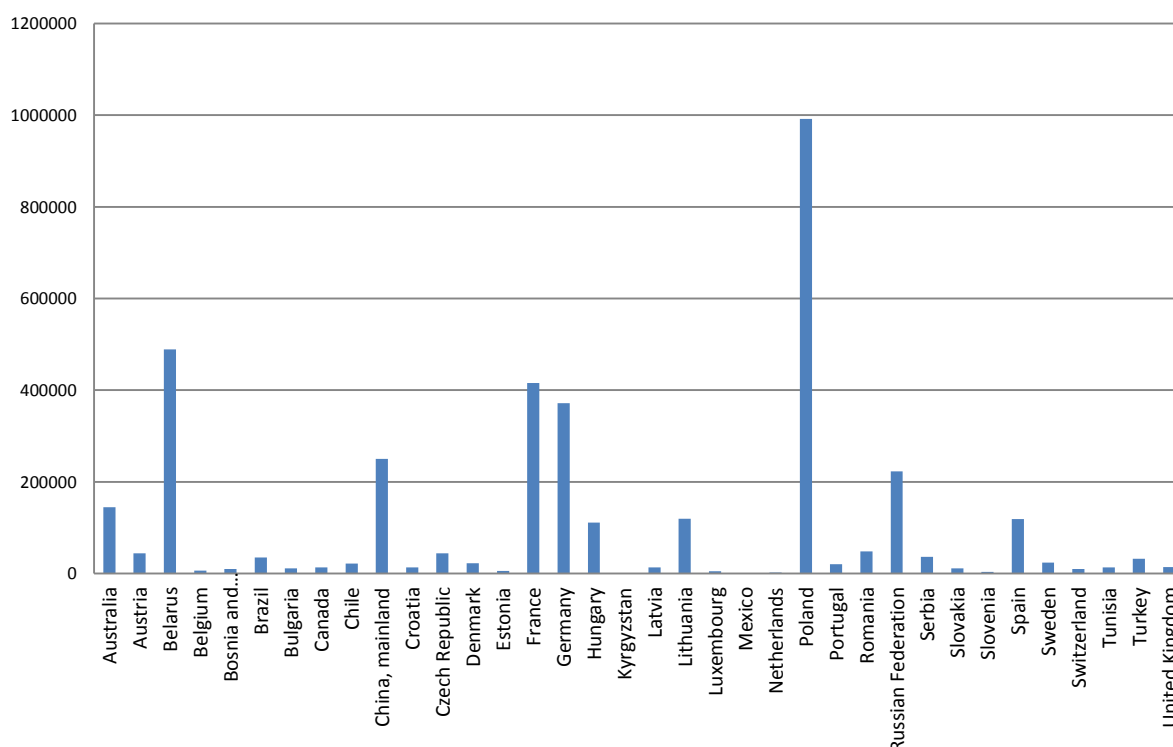
Graph 1. The number of publications based on Triticale [ISI Web of Science®, Maj 2014]

Pszenżyto uprawiane jest obecnie w 36 krajach świata. Odmiany jare uprawiane są w Australii [Cooper i in. 2004], Brazylii [Nascimento i in 2004] oraz w klimacie śródziemnomorskim, głównie w Portugalii i Hiszpanii [Royo i in 2004]. Odmiany uprawiane w Turcji charakteryzują się dużą odpornością na niedobory wody i wysoką temperaturę [Baocy 2004], natomiast te uprawiane w Niemczech wyróżnia duża odporność na rdzę brunatną [Oettler 2004].

Zwiększone zainteresowanie pszenżytem wynika z szerokiej możliwości jego wykorzystania. Do zalet pszenżyta zalicza się: wysoki potencjał plonowania wynikający z budowy kłosa oraz dobrą wartość technologiczną i paszową ziarna, którą zawdzięcza dużej masie 1000 ziaren, większej szklistości ziarna w porównaniu z żytem oraz wydajności mąki podobnej do pszennej [Biskupski i in.1992]. Niewątpliwą zaletą są także mniejsze koszty produkcji w porównaniu z pszenicą i jęczmieniem [Maćkowiaki in. 1993]. Posiada dużą odporność na stres powodowany głównie warunkami środowiskowymi [Estrada-Campuzano 2008], co ma szczególnie znaczenie w przypadku krajów o trudno przewidywalnych warunkach pogodowych. Jak podaje Tohver [2005], odmiany pszenżyta zaadaptowały się do warunków klimatycznych danego kraju a efektem tego są wysokie plony ziarna. Do podobnych wniosków doszedł Santiveri [2004], autor pracy o uprawie pszenżyta w basenie Morza Śródziemnego.

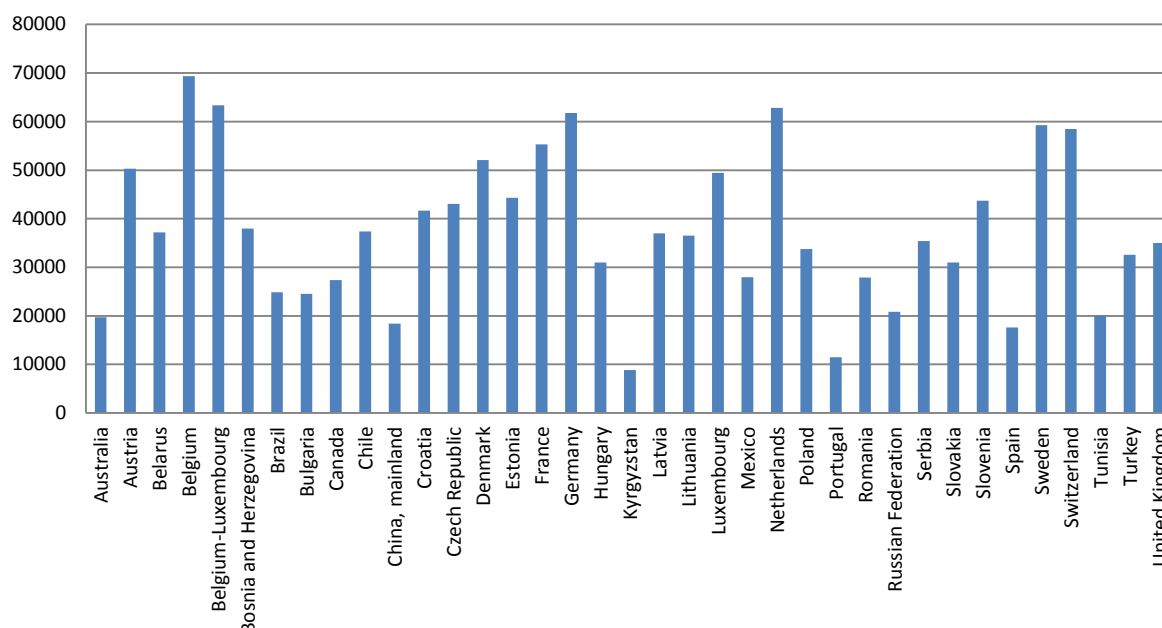
Powszechnie uważa się, że wymagania glebowe pszenżyta są mniejsze od pszenicy czy jęczmienia lecz większe niż żyta. W badaniach Dmowskiego [2001] pszenżyto najlepiej plonowało na glebach kompleksu pszennego dobrego i żytniego dobrego, dając ponad $7\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Na kompleksie pszennym bardzo dobrym plony ziarna były niższe o 6%, pszennym wadliwym i żytnim bardzo dobrym - o 7%, a na kompleksie żytnim słabym aż o 26%. Potwierdzają to także Jaśkiewicz i Podolska [2011] twierdząc, że najodpowiedniejsze warunki wzrostu i rozwoju pszenżyto ozime znajduje na glebach pszennych oraz żytnich bardzo dobrych i dobrych, o odczynie lekko kwaśnym lub zbliżonym do obojętnego. Lepiej od pszenicy sprawdza się też na glebach lekkich, z tego też względu znaczenie pszenżyta wzrasta z uwagi na duży udział w kraju tego typu gleb (60% gruntów ornych) [Kuś i in. 1992].

Pod względem powierzchni zasiewów pszenżyta, Polska zajmuje czołowe miejsce na świecie (Wykres 2). Biorąc jednak pod uwagę wysokość plonów ziarna, najwyższe uzyskiwane są w Belgii, Holandii i Niemczech (Wykres 3).



Wykres 2. Powierzchnia uprawy pszenżyta na świecie w 2012 roku (ha), [Food and Agriculture Organization, 2014]

Graph 2. Cultivation area of Triticale in 2012 on the world (ha), [Food and Agriculture Organization, 2014]



Wykres 3. Plon pszenżyta na świecie w 2012 roku (hg/ha), [Food and Agriculture Organization, 2014]

Graph 3. Grain yield of triticale in 2012 on the world (hg/ha), [Food and Agriculture Organization, 2014]

Pomimo wysokiego potencjału produkcyjnego, uzyskiwana w polskiej praktyce rolniczej wysokość plonów ziarna pszenżyta nie jest zadowalająca, gdyż są one o ok. 50% niższe od plonów zbieranych w doświadczałnictwie [Brzozowska 2013]. Zbyt małe wykorzystanie istniejącego potencjału plonowania wynika z dużych rozbieżności pomiędzy poziomem agrotechniki jaka stosowana jest w warunkach doświadczalnych i produkcyjnych. W praktyce negatywny wpływ na poziom plonowania pszenżyta wywierają nadmierne uproszczenia w zmianowaniu, stosunkowo niewielki areal uprawy roślin bobowatych grubo- i drobnonasiennych jako poplonów oraz mały udział nasion kwalifikowanych w zasiewach [Arseniuk, Oleksiak 2011]

Większość odmian pszenżyta w Polskim Rejestrze Odmian Oryginalnych (ROO) jest reprezentowana przez odmiany polskie; odmiany zagraniczne stanowią zaledwie 6% [Jerzak i Mikulski 2011].

Pszenżyto to zboże o dużej wartości odżywczej a w niektórych aspektach przewyższa nawet pszenicę. Wyższa zawartość lizyny, lepiej przyswajalne białko i równowaga mineralna sprawiają, że może być ono stosowane jako zamiennik innych zbóż w żywieniu ludzi i zwierząt [Arendt i Zannini 2013].

Głównym składnikiem ziarna zbóż, w tym także pszenżyta, są polisacharydy nieskrobiowe [Bach 1997]. Wśród nich wyróżniamy skrobię oraz grupę polisacharydów

nieskrobiowych zwanych polisacharydami strukturalnymi, ponieważ tworzą one łuskę owocowo-nasienną oraz warstwę aleuronową ziarna. Skrobia jest podstawowym źródłem energii [Hikawczuk 2013]. Wpływa ona na strawność i wartość wypiekową. W żywieniu ludzi i przeżuwaczy bardzo pożądana jest wysoka zawartość amylozy w skrobi, która znacznie spowalnia trawienie i wchłanianie [Denett i in. 2009]. W ziarnie pszenżyta stwierdzono wysoką zawartość polisacharydów strukturalnych, w tym głównie arabinoksylanów uważanych za składniki korzystne w diecie człowieka, natomiast antyżywieniowe dla zwierząt [Boros 2002]. Negatywny wpływ arabinoksylanów na wartość odżywczą paszy i ogólną strawność wynika z dużej lepkości i właściwości zatrzymywania wody [Hikawczuk 2013]. W organizmie człowieka rozpuszczalne arabinoksylany wpływają regulująco na przemiany metaboliczne tłuszczów i węglowodanów, wywierając szereg efektów korzystnych na funkcjonowanie jelit. Pod wpływem enzymów bakteryjnych arabinoksylany ulegają degradacji do krótszych polimerów i wykazują działanie prebiotyczne.

Spośród składników chemicznych występujących w ziarnie zbóż, szczególnie dużo uwagi poświęca się zawartości białka ogółem. Jest to składnik ważny zarówno z punktu widzenia paszowego jak i technologicznego. Ziarno pszenżyta w porównaniu z innymi zbożami charakteryzuje się wysoką zawartością białka (tab.1) zawierającego w swoim składzie korzystny komplet aminokwasów. Także grubość okrywy nasiennej pszenżyta zwiększa zawartość białka ogólnego, charakteryzuje się wyższą obecnością pentozanów oraz wyższą aktywnością enzymów proteolitycznych. Zawartość aminokwasów ograniczających, tj. lizyny i treoniny, w białku pszenżyta decyduje o jego większej przyswajalności [Tarkowski 1989]. Zawartość lizyny nie ulega obniżeniu wraz ze spadkiem zawartości białka, a nawet wykazano jej wysokie wartości przy niskiej zawartości białka. W białku pszenżyta, oprócz lizyny, stwierdzona została wyższa o ok. 10 % niż w przypadku białka pszenicy zawartość treoniny [Hegger and Eggum 1991].

Pszenżyto to także bogate źródło błonnika (tab.1), którego obecność w pożywieniu człowieka przynosi wiele korzyści. Według definicji Komisji Kodeksu Żywnościowego [CAC-FAO/WHO – ALINORM 06/29/26] oraz definicji unijnej [2008/100/WE], do korzystnych działań błonnika pokarmowego należą: skrócenie czasu pasażu treści jelitowej, fermentacja jelitowa prowadząca do zwiększonej produkcji kwasu masłowego oraz obniżenie poziomu cholesterolu ogółem i LDL, jak również poposiłkowej glukozy oraz insuliny we krwi.

Tabela 1. Porównanie składu chemicznego ziarna pszenżyta z innymi zbożami (%), [USDA/ARS 2012]

Table 1. Comparison of the chemical grain composition of winter triticale with other cereals (%), [USDA/ARS 2012]

Wyszczególnienie	Pszenżyto	Pszenica	Żyto	Kukurydza	Jęczmień	Ryż
Węglowodany	72,1	66,9	75,8	67,7	80	75,4 ^c
Skrobia	60	61	54	64	62,5	-
Białko surowe	14,8 ^a	14,0 ^b	13,4 ^a	10,3 ^c	12 ^a	8,5 ^c
Tłuszcz	2,0	2,1	1,8	4,5	2,5	2,1
Włókno surowe	3,1	2,6	2,6	2,3	2,3	0,9
Popiół	2,0	1,9	2,1	1,4	2,5	1,4
Wilgotność	10,5	12,5	10,6	13,8	9,4	11,7

a) N^x5,85

b) N^x5,7

c) N^x6,25

Wraz z ciągłym rozwojem rynku żywnościowego, zbadano wiele alternatywnych źródeł związków bioaktywnych. W wyniku tych badań w zbożach stwierdzono obecność fenoli, proantocyjanidyn, katechinin, tanin oraz lignin. Pszenżytnie otręby, płatki, słoma oraz liście (obok pszenicy, żyta i otrębów owsianych) zostały ocenione jako źródło proantocyjanidyn, lignin oraz fenoli, posiadających duże znaczenie prozdrowotne [Hosseinian i Mazza 2009].

W związku ze wzrostem świadomości konsumentów dotyczących racjonalnego odżywiania, wzrasta wykorzystanie ziarna zbóż w diecie [Stallknecht i in. 1996]. Zwiększona konsumpcja zbóż wraz z tendencją wprowadzania nowych produktów do codziennej diety, przyczyniła się do poszukiwania nowych surowców w przemyśle spożywczym. Stwarza to szanse zwiększenia areалу uprawy pszenżyta, posiadającego wysokie walory żywieniowe [Naeem i in. 2002].

Jedną z ważniejszych cech decydujących o właściwościach technologicznych mąki i końcowej jakości produktu jest twardość ziarna. Cecha ta ma bezpośredni wpływ na wartość przemiałową, wypiekową, wielkość cząstek mąki i zdolność do absorpcji wody. Mąka z ziarna miękkiego zawiera więcej nieuszkodzonych ziaren skrobi i nadaje się do wypieku ciast i ciasteczek. Z kolei ziarna twarde dają mąkę z większą ilością uszkodzonych ziaren skrobi oraz o większej zdolności do absorpcji wody, przez co nadaje się ona do produkcji pieczywa [Igrejas i in. 2001]. Ziarno pszenżyta posiada miękką teksturę, co jest konsekwencją obecności genomu żytniego, jednakże Li [2006] zaobserwował w plaźmie pszenżyta pewne poziomy twardości. Gen twardości w pszenzycie nosi nazwę *secalindololines*.

Mąka pszenżytnia charakteryzuje się dużą wodochłonnością, krótszym czasem rozwoju i stałością ciasta. Ciasto pszenżytnie wykazuje małą rozciągliwość i elastyczność oraz dużą lepkość w porównaniu z ciastem pszennym [Kopeć 2013], posiada także wyższą kleistość,

gorsze właściwości reologiczne i siłę glutenu [Martinek 2008, Tohver 2005]. Każda z wyżej wymienionych cech ciasta utrudnia wykorzystanie mąki pszenżytniej w piekarstwie [Ceglińska i Haber 2001]. Zdaniem Ceglińskiej in. [1998] wystarczy jednak odpowiednio zmodyfikować proces fermentacji ciasta, aby uzyskać dobre jakościowo pieczywo pszenżytnie, które może być poszukiwane przez konsumenta ze względu na jego walory smakowe. Większe zastosowanie mąka pszenżytnia znalazła w cukiernictwie. Zastępując mąkę pszenną przez mąkę pszenżytnią w produkcji pieczywa cukierniczego Haber [1998] uzyskał korzystne zmiany wyrobu, jak większą objętość, stopień wyrośnięcia i spulchnienia miększu oraz dłuższy okres przydatności konsumpcyjnej.

Pszenżyto to przede wszystkim jednak zboże paszowe, wykorzystywane głównie w żywieniu przeżuwaczy, ptactwa i trzody chlewnej [Salmon i in. 2004]. Do tego celu może być wykorzystywane w formie ziarna, kiszonki, zielonki czy słomy [Myer i in. 2004].

Zastosowanie pszenżyta w żywieniu drobiu było przedmiotem wielu badań [Boros 1999, Ciftci 2003, Jondreville 2007, Zarghi 2009]. Wykazano w nich, iż pomimo obecności w pszenżycie genomu R, parametry odżywcze heksaploidalnego pszenżyta nie różniły się istotnie od pszenicy. Negatywny wpływ na dietę kurcząt miało jedynie pszenżyto tetraploidalne [Boros 1999]. Stosowanie pszenżyta w paszy dla drobiu jest zależne od dostępnego stężenia fosforu. Wysoka dostępność fosforu w paszy redukuje potrzeby stosowania mineralnych suplementów diety i w konsekwencji prowadzi do mniejszego wydalania tego pierwiastka przez ptaki, co ogranicza także zanieczyszczenie środowiska fosforem [Jondreville 2007]. Znaczący wpływ na wartość odżywczą paszy dla drobiu ma także poziom enzymów zawartych w ziarnie pszenżyta [Jondreville 2007]. Z kolei wysoki poziom lizyny czyni z pszenżyta zboże odpowiednie do stosowania w żywieniu trzody chlewnej [Brandt i in. 1995]. Karmienie karpia pszenżycem spowodowało wzrost poziomu tłuszczu, ale spadek poziomu wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, w szczególności omega 3 [Vacha i in. 2007].

Nowoczesne odmiany pszenżyta są konkurencyjnym surowcem dla produkcji bioetanolu [Eudes 2006]. Zaletą pszenżyta jest obecność enzymatycznego systemu amylolitycznego, który pomaga w degradacji skrobi w cukry małocząsteczkowe [Rakoczy i in. 2008]. Pomimo podwójnie wyższego poziomu kwasu fitynowego w pszenżycie niż pszenicy spowalniającego procesy enzymatycznej degradacji skrobi przez obniżenie aktywności amylolitycznej [Kapela 2007], większa ilość bioetanolu została wyprodukowana z pszenżyta [McGoverin 2011]. Produkcja bioetanolu ze zbóż wywołała jednak wiele kontrowersji, w związku z ograniczeniem powierzchni zasiewów zbóż na potrzeby żywieniowe [Solomon 2010]. Pozostałości rolnicze takie jak na przykład słoma pszenżytnia budzą zainteresowanie

pod kątem przydatności biomasy do produkcji bioetanolu [Chen i in. 2007]. Na podstawie zawartości glutenu, ksylanu i ligniny, słomę pszenżytnią uznano za dobry komponent do produkcji bioetanolu [Chen i in. 2007].

Poza produkcją bioetanolu zboża, w tym także pszenżyto, może być wykorzystywane do produkcji biogazu i biopaliw stałych. Wymagania dotyczące składu biomasy do produkcji biopaliw stałych są bardziej uzależnione od ograniczeń technologicznych i środowiskowych niż w przypadku produkcji bioetanolu [Jorgensen i in. 2007]. Pszenżyto jest dobrym źródłem biopaliw stałych ze względu na jego wysoką wydajność i zdolność do zbioru przy stosunkowo niskich zawartościach wody. W przypadku biopaliw stałych, odwrotnie niż w przypadku bioetanolu i wartości paszowej, wysoka zawartość azotu i białka nie są pożądane [Lewandowski i Kauter 2003]. Badania przeprowadzone przez Jorgensena [2007] wykazały wyższość pszenżyta nad pszenicą i żytem pod względem wysokości plonu i wymagań jakościowych do produkcji biopaliw stałych. Dodatkowo, pszenżyto cechuje możliwość opóźnienia zbioru bez wysokich strat w plonie.

Poza wieloma walorami gatunek ten cechuje się jednak dość dużą wrażliwością na choroby powodowane przez patogeny grzybowe [Wiśniewska 2005]. W początkowym okresie prac badawczych i hodowlanych pszenżyto uważane było za jedno z najbardziej odpornych na choroby zbóż [Kramek 2014]. Obecnie jednak obserwuje się spadek odporności na wiele czynników chorobotwórczych. Potwierdza to wiele badań [Cyfer 2008, Zych 2012, Kuciaba 1990 i 2007]. Zdaniem Strzembickiej [2007], zwiększenie nasilenia chorób występujących na pszenżycie ozimym wynika ze wzrostu areалу uprawy tego zboża. Wpływać na to może także hodowla i uprawa odmian z identycznymi lub pokrewnymi typami odporności [Bennett 1984]. Najskuteczniejszą metodą ograniczania skutków porażenia pszenżyta przez choroby grzybowe jest wprowadzenie do uprawy odmian z genetycznie uwarunkowaną odpornością [Feuillet 1998]. Pszenżyto narażone jest na atak grzybów form rodzicielskich, ale w porównaniu z nimi wykazuje mniejszą wrażliwość na nie. Pszenżyto wrażliwe jest na infekcje kłosa powodowane przez (*Fusarium spp.*, Hedjaroude), porażane jest również przez patogeny grzybowe liści takie jak: mączniak prawdziwy (*Blumeria graminis*), rdza brunatna (*Puccinia recondita* Rob. Ex Desm., *F.sp. tritici* (Eriks.) Johnson), septorioza liści (*Phaeosphaeria avenaria*f. *sp. tritici* (G.F. Weber)) oraz septorioza plew (*Phaeosphaeria nodorum* (E. Müll.) [Arseniuk 1990, Wakuliński 2005, Czajkowski 2011]. Każda z chorób występująca na zbożach, wywoływana przez grzyby znacząco wpływa na obniżenie plonu ziarna i pogorszenie jego parametrów jakościowych [Horoszkiewicz-Janka 2012].

Wymagania przedplonowe pszenżyta są dość duże i niewiele ustępują pszenicy [Mazurek i Kuś 1992]. Wynika to głównie z dużej podatności pszenżyta na choroby podstawy źdźbła i systemu korzeniowego. Konieczność wysiewu formy ozimej w okresie od 5 do 30 września (zależnie od rejonu Polski) stwarza istotne wymagania co do przydatności różnych roślin jako jego przedplonów [Jaśkiewicz 1995]. Najlepszym przedplonem dla pszenżyta ozimego są wczesne bobowate grubonasienne uprawiane na nasiona oraz wieloletnie bobowate drobnonasienne, rzepak, a także średnio wczesne ziemniaki uprawiane na oborniku [Jaśkiewicz, Podolska 2011]. Ponad 70 % udział zbóż w strukturze zasiewów uniemożliwia jednak uprawę pszenżyta po korzystnych przedplonach, zwłaszcza form ozimych pszenżyta. W stanowiskach po nie zbożowych w pierwszej kolejności wysiewane są pszenica i jęczmień [Jaskulski i Piasecka 2007]. Dla pszenżyta udział przedplonów nie zbożowych jest relatywnie mały i nie przekracza 25% wszystkich przedplonów [Kęsiki in. 2011], co wynika z faktu, iż pszenżyto zaliczane jest do zbóż paszowych i ze względu na niższą wartość użytkowo-rynkową umieszczane jest na zdecydowanie gorszych stanowiskach. Najczęściej stosowanymi przedplonami dla pszenżyta ozimego są: jęczmień, ziemniak i pszenica [Rudnicki 2005]. Wpływ rodzaju przedplonu na plonowanie pszenżyta ozimego badali też Wesołowski i Gregorczyk [1999]. Autorzy Ci stwierdzili spadek plonu pszenżyta o 5-10% po przedplonach średnich i o 10-20% po przedplonach złych, w stosunku do przedplonów dobrych. Do podobnych wniosków doszedł także Zając [2006], w którego eksperymencie pszenżyto ozime plonowało najwyżej w stanowisku po roślinach motylkowych, nieco gorzej po zbożach z wsiewką, a najgorzej po zbożach jarych bez wsiewki. Na dobry przedplon rośliny pszenżyta reagowały wzrostem zagęszczenia kłosów. Wysoka obsada kłosów płodnych pozyskana z obiektów po roślinach bobowatych decydowała o mniejszej liczbie ziaren w kłosie i ich masie [Zając 2006]. Korzystny wpływ łubinu wąskolistnego jako przedplonu w porównaniu do stanowiska po grochu siewnym potwierdzają również badania Skrzyczyńskiego [1992], Jensena [2004] oraz Szpunar-Krok [2011]. Dodatkowo oddziaływanie mieszanki owsa z łubinem oraz owsa z peluszką na plon ziarna pszenżyta ozimego wykazał także Siuta [1998]. Z kolei Buraczyńska i Ceglarek [2009] donoszą, iż uprawa pszenżyta ozimego po grochu siewnym i mieszankach pszenżyta jarego z grochem siewnym a także pszenicy jarej z grochem siewnym wpływa korzystnie na wzrost plonu ziarna i białka ogólnego, w porównaniu z uprawą po zbożach będących komponentami mieszanek. Ten wzrost plonu zbóż w stanowiskach po roślinach bobowatych jest wynikiem pozytywnego wpływu pozostawionego w resztkach poźniwnych azotu, ograniczenie chorób, zachwaszczenia, poprawy struktury gleby a także ułatwienia dostępności pozostałych makroelementów [Blecharczyk i in. 2006]. Opinię te

podzielają Dzienia i Romek [1993], którzy prowadząc badania na kompleksie żytnim dobrym wskazali na peluszkę i groch siewny jako najlepsze przedplon dla pszenżyta ozimego.

Reakcja pszenżyta ozimego na przedplon zależy także od czynnika odmianowego oraz warunków glebowo-klimatycznych [Rudnicki 2005]. W dobrych warunkach siedliska i agrotechniki pszenżyto można uprawiać w zmianowaniach o dużym udziale zbóż [Ścigalska 2008]. Na glebach średnich i dobrych pszenżyto ozime uprawiane po zbożach plonuje znacznie wyżej niż zboża jare wysiewane na analogicznych stanowiskach [Mazurek 1996]. Do podobnych wniosków doszli Kuś i Smagacz [1992], którzy wysiewając pszenżyto na glebie kompleksu żytniego bardzo dobrego po przedplonach zbożowych uzyskali plon ziarna pszenżyta wyższy w porównaniu do żyta, owsa i jęczmienia, natomiast na glebie kompleksu żytniego dobrego wydajność jego była nieco niższa niż żyta, ale przewyższała pozostałe zboża jare. Uprawa koniczyny czerwonej jako wsiewki w zboża jare znacznie poprawia wartość stanowiska dla pszenżyta ozimego [Zajac 2006]. Na glebach najslabszych często wśród stanowisk dla pszenżyta występuje owies, uznany za względnie dobry przedplon dla innych zbóż [Kuś i Siuta 1995].

W doświadczeniu Wesołowskiego i Gregorczyka [1999] obniżenie wielkości plonu ziarna pszenżyta ozimego uprawianego po roślinach kłosowych i gorczycy białej było rezultatem zmniejszenia obsady kłosów w łanie oraz liczby i masy ziaren w kłosie. Zjawisko to spowodowane było wzrostem zachwaszczenia łanu oraz stopniem porażenia roślin pszenżyta przez grzyb *Pseudocercospora herpotrichoides*.

Z badań przeprowadzonych przez Smagacza [1997] wynika, że pszenżyto uprawiane po sobie reaguje spadkiem plonu oraz nasileniem występowania chorób, chociaż jest bardziej tolerancyjne niż pszenica. W doświadczeniu Woźniaka [1993] na glebie kompleksu żytniego bardzo dobrego monokultura pszenżyta ozimego przez okres 4 lat wpłynęła na obniżenie wartości elementów struktury plonu i architektury łanu w porównaniu ze zmianowaniem z 25% udziałem pszenżyta. Następstwem tego był spadek plonu ziarna o 20,3%. Potwierdzają to również badania prowadzone przez Adamiaka [2000] w których w 6-letniej monokulturze odmiany pszenżyta dały plon ziarna na poziomie średnio 5,4 t ha⁻¹, natomiast w płodozmianie plenność tego zboża sięgała 6,39 t ha⁻¹. Podobne badania nad uprawą pszenżyta ozimego w monokulturze na glebie kompleksu żytniego dobrego przeprowadziła Parylak [1998]. Autorka wykazała, iż pszenżyto w monokulturze było silniej porażone przez choroby podstawy źdźbła, nastąpił również wyraźny wzrost zachwaszczenia łanu, co w rezultacie spowodowało obniżkę plonu ziarna o 32%, w stosunku do pszenżyta uprawianego w płodozmianie.

Istotny wpływ na plon ziarna i słomy pszenżyta ozimego ma technologia produkcji roślin przedplonowych. Wzrost poziomu intensywności technologii produkcji roślin przedplonowych pod względem poziomu nawożenia azotem i zużycia środków ochrony roślin wpłynął na zwiększenie zarówno plonu ziarna (o 8%) jak i słomy pszenżyta (o 6%), a także zwiększenie plonu białka ogółem i wartości energetycznej plonu ziarna (o 8%) [Szpunar-Krok 2011].

W warunkach klimatycznych Polski plony zbóż, poza czynnikiem glebowym i agrotechnicznym, w dużym stopniu zależą także od warunków pogodowych, głównie od temperatury powietrza oraz sumy i rozkładu opadów [Krzymuski i Olesiak 1997, Rudnicki i Wasilewski 1993]. Zdaniem Jaskulskiego i Piaseckiej [2007] mają one większy wpływ na plonowanie pszenżyta ozimego niż przedplon. Zdaniem Kryńskiej i in. [1997] na komponenty składowe plonu pszenżyta ozimego w większym stopniu wpływają warunki pogodowe niż intensywność i sposób nawożenia azotem. Podobne stanowisko prezentuje Dmowski i in. [2001], stwierdzając większy wpływ przebiegu pogody niż kompleksu glebowego i odmiany. Także Szpunar-Krok [2011] uzyskała wysoki potencjał plonowania pszenżyta ozimego, pomimo braku nawożenia azotem, tylko w cyklu badawczym o korzystnym przebiegu pogody.

Pszenżyto ozime zaczyna kiełkować w temperaturze 2-6°C [Wojciechowska i Gontarczuk 1989], a właściwy wzrost i rozwój jesienny odbywa się w temperaturze ok. 14°C na początku i ok. 8°C na końcu tego okresu. Wpływa to korzystnie na krzewienie i hartowanie roślin przed zimą. W okresie strzelania w źdźbło, podobnie jak u innych ozimin, optimum temperaturowe dla pszenżyta wynosi 6-8°C, natomiast dłuższe okresy wyższej temperatury oddziałują niekorzystnie na gospodarkę wodną i plonowanie roślin. Najwyższe zapotrzebowanie temperaturowe dla pszenżyta w czasie jego wzrostu i rozwoju kształtuje się na poziomie 16-17°C i przypada na okres nalewania ziarna. W fazie dojrzałości woskowej korzystna jest wyższa temperatura powietrza, ponieważ przyspiesza dosychanie ziarna i słomy [Michalska - Klimczak 2010].

Makowiecki i Mączka [1993] podają, że większe od średnich plony pszenżyta ozimego uzyskano w latach kiedy okres od wiosennego wznowienia wegetacji do strzelania w źdźbło trwał 42 dni, przy średniej temperaturze dobowej 6,9°C, a dla plonów przeciętnych długość tego okresu wynosiła 36 dni, przy średniej dobowej temperaturze 7,4°C.

Pszenżyto ozime jest zbożem o dużych wymaganiach wodnych. Dowodzą tego badania Nouri-Ganbalanii in. [2009] w których potwierdził ścisłą zależność pomiędzy plonem a masą 1000 ziaren, w warunkach niedoboru wody. Także Płaza i Soczyński [2010] w warunkach niedoboru opadów odnotowali spadek plonu ziarna pszenżyta o 42,5% w porównaniu z rokiem

o korzystnym ich rozkładzie. Podczas wegetacji jesiennej pszenżyto ozime charakteryzuje się niewielkimi wymaganiami wodnymi, wynoszącymi 80-100 mm opadu. Umiarkowana zaś susza wiosenna działa korzystnie na rozwój systemu korzeniowego oraz na wigor wiosenny [Michalska - Klimczak 2010]. Optimum opadowe podczas zimowego spoczynku wynosi ok. 30-40 mm miesięcznie. Największym zapotrzebowaniem na wodę pszenżyto ozime odznacza się w fazie strzelania w źdźbło i od kłoszenia do dojrzałości mleczej. Oznacza to ok. 40-45 mm opadu w kwietniu, 60-70 mm w maju, 30 mm w pierwszej połowie czerwca oraz 60-70 mm w drugiej połowie czerwca i w lipcu. Niedobór wody w okresie od kłoszenia do dojrzałości mleczej wpływa szczególnie niekorzystnie na plon ziarna [Parylak 2000, Podolska i Hołubowicz-Kliza 2006, Szpunar-Krok 2011]. Negatywna reakcja pszenżyta na niedobór wody jest w porównywalnych warunkach glebowych mniejsza niż pszenicy ozimej [Michalska - Klimczak 2010]. W warunkach suszy pszenżyto dłużej niż pszenica utrzymuje transpirację i dużą produktywność fotosyntezy. Ponadto po opadach następujących po okresie braku wody pszenżyto znacznie szybciej rekompensowało straty liści i suchej masy [Uperty i Sirohi, 1987]. Wzrost opadów natomiast w fazie kształtowania i dojrzewania ziarna sprzyja rozwojowi chorób grzybowych i porastaniu ziarna, co w konsekwencji przekłada się na zmniejszenie plonów [Wilgosz i in. 2005, Rymuza in. 2012].

Stosowanie właściwej technologii produkcji, obok cech gatunkowych i wpływu warunków glebowo-klimatycznych, ma bardzo istotny wpływ na plonowanie.

Właściwa technologia produkcji polega na stworzeniu optymalnych warunków wzrostu i rozwoju roślin oraz ograniczaniu strat wytworzonego plonu poprzez właściwą ochronę [Brzozowska 2013]. Bardzo ważnym zagadnieniem jest więc ustalenie optymalnej technologii produkcji dla nowych odmian pszenżyta uprawianych w zróżnicowanych warunkach klimatyczno-glebowych.

Najważniejszym plonotwórczym czynnikiem agrotechnicznym jest nawożenie mineralne, co znajduje potwierdzenie w licznych piśmiennictwie zarówno krajowym, jak i zagranicznym [Galantini i in. 2000, Sekeroglu i Yilmaz 2001, Nieróbca 2004, Mut i in. 2005, Barczak i in. 2006, Knapowski i in. 2009]. Szacuje się, że plonowanie zbóż, w tym także pszenżyta, w 50% zależy od zaopatrzenia roślin w składniki odżywcze. W odpowiednio dobranej technologii produkcji należy uwzględnić składniki pokarmowe ze wszystkich źródeł (gleba, przedplon, nawozy mineralne, nawozy organiczne) [Jaśkiewicz, Podolska 2011]. W celu otrzymania wysokich, o dużej wartości biologicznej plonów, powinno się zapewnić roślinom optymalne warunki oraz wystarczającą podaż niezbędnych makro- i mikroelementów [Barczak i in. 2006].

Wśród makroskładników największy wpływ na wzrost, rozwój i plonowanie roślin posiada azot [Świdarska-Ostapiak i Stankowski 2002]. Jest on podstawowym komponentem białek i składnikiem enzymów katalizujących proces redukcji i asymilacji dwutlenku węgla. Wchodzi w skład barwników chlorofilowych [Olszewska i in. 2008]. Wpływa on korzystnie na krzewistość produkcyjną roślin, a przez to na obsadę kłosów na jednostce powierzchni oraz masę ziarna z rośliny [Mazurek i Jaśkiewicz 1999, Rudnicki 2000]. Zwiększanie dawek nawożenia N powoduje wzrost zawartości białka w ziarnie [Jabłoński i Gandecki 1987, Ceglińska i in. 2005, Idkowiak i Kordas 2005, Samborski i in. 2008, Jaśkiewicz 2014]. Plonotwórcze działanie azotu związane jest również z syntezą chlorofilu i intensywnością procesów fotosyntezy [Gaj i Klikocka 2011]. Spadek intensywności fotosyntezy netto przy niedoborze azotu może mieć związek z wieloma zakłóceniami w funkcjonowaniu aparatu fotosyntetycznego roślin, między innymi z zakłóceniami w fotosyntetycznym transporcie elektronów i fotofosforylacji oraz spadkiem aktywności RuBisCo [Wojciechowska-Wyskupajtyś 1996, Lu i Zhang 1998]. Ponadto spadek aktywności fotosyntetycznej liści w warunkach deficytu azotu może wynikać z nadmiernego gromadzenia asymilatów, w tym skrobi w liściach [Starck 1995].

Wraz ze wzrostem nawożenia azotem zwiększa się zarówno wartość indeksu zieloności liścia (SPAD), jak i indeks powierzchni liści (LAI) [Jaśkiewicz 2010]. Wzrost zawartości azotu w liściach powoduje wzrost ich powierzchni i intensywności fotosyntezy dwóch podstawowych składowych aktywności fotosyntetycznej. Dostępność azotu wpływa również na długotrwałość utrzymywania się powierzchni asymilacyjnej, która decyduje w znacznym stopniu o przyroście biomasy [Piotrowska i in. 2003].

Wielu autorów wskazuje także na dodatnią korelację pomiędzy zawartością chlorofilu i zawartością azotu w liściach [Piekielek i Fox 1992, Matsunaka i in. 1997, Feibo i in. 1998]. Niekorzystny jest zarówno niedobór jak i nadmiar. Niedobór azotu hamuje wzrost roślin i ogranicza ich możliwości plonotwórcze, natomiast nadmiar powoduje zbyt intensywny wzrost organów wegetatywnych, opóźnia dojrzewanie, rośliny są bardziej podatne na wyleganie i porażenie przez choroby liści i źdźbeł [Sulek i in. 2007].

Pszenżyto w odróżnieniu od pszenicy cechuje się większą efektywnością pobierania azotu, a co za tym idzie potrzeby nawozowe względem azotu są niższe, jednakże ustalenie optymalnych dawek nawożenia azotem dla pszenżyta jest trudne ze względu na niejednakową reakcję odmian [Jaśkiewicz 2002, Mazurek i Jaśkiewicz 1998, 1999]. Bujak i in. [2012] podzielili odmiany na statyczne i dynamiczne. Odmiany statyczne mają tendencję do utrzymywania stałego plonu niezależnie od warunków środowiskowych i zalecane są do

uprawy w ekstensywnych warunkach agrotechnicznych, natomiast odmiany dynamiczne mają wysokie średnie plony i wyraźnie reagują na poziom agrotechniki.

Zdaniem wielu autorów optymalną dawką azotu dla pszenżyta jest 80-120 kg N·ha⁻¹ [Knapowski i in. 2009, 2010, Wojtkowiak i in. 2009, 2013, Brzozowska i in. 2010]. Także Pecio i Bichońska [2008] stwierdziły istotne zwiększanie plonu ziarna pszenżyta ozimego wraz ze wzrostem dawki nawożenia azotem do 120 kg N·ha⁻¹. Zwiększenie dawki od 0 do 80 kg N·ha⁻¹ podnosiło gęstość ziarna w stanie zsywnym oraz masę 1000 ziaren, a dalsze zwiększanie poziomu nawożenia do 170 kg N·ha⁻¹ istotnie obniżało wartość tych cech jakości ziarna. Taka reakcja roślin na zastosowany azot wynika z kolejności kształtowania się składowych plonu roślin w trakcie ich ontogenezy. Z kolei o korzystnym wpływie dawek azotu od 150 do 180 kg N·ha⁻¹ na plon pszenżyta donoszą [Mut 2005 i Nadim i in. 2012]. Zwiększanie dawki nawożenia azotu wpływało również korzystnie na wartość wypiekową mąki pszenżytniej poprzez zwiększenie zawartości glutenu w ziarnie oraz wartości wskaźnika sedymentacyjnego. Mąka może być przeznaczona do celów wypiekowych, przy nawożeniu w dawce co najmniej 120 kg N·ha⁻¹ [Pecio i Bichońska 2008]. Z badań Knapowskiego i in. [2010] wynika, iż zwiększenie dawki azotu z 80 do 120 kg N·ha⁻¹ powodowało istotny wzrost zawartości azotu, potasu i wapnia w ziarnie pszenżyta jarego.

Z kolei zwiększanie nawożenia azotem odmian słabiej krzewiących się oraz odmian zaliczanych do długosłomych, o większej długości pędów, a co za tym idzie o słabszej sztywności i elastyczności, powoduje wzrost ich podatności na wyleganie, a konsekwencją tego jest strata w plonach ziarna pszenżyta i utrudnienie jego zbioru [Rozbicki 1997, Maćkowiak i in. 2001, Jaśkiewicz 2008].

Jak wynika z badań Fotymy i in. [1992 a,b], wykorzystanie azotu w roku wniesienia rzadko przekracza 60% i spada w miarę zwiększania jego dawek. Uzależnione jest to także od formy oraz terminu stosowania, które wpływają na dynamikę wzrostu roślin, dystrybucję asymilatów i ostateczną ich akumulację. Najbardziej intensywne pobieranie azotu przez pszenżyto stwierdzono od okresu krzewienia do kłoszenia, a więc w okresie intensywnego wzrostu roślin i natężenia procesów metabolicznych [Giza-Podleśna 1993]. Dlatego też bardzo istotne jest dostosowanie dawek azotu nie tylko do całkowitych potrzeb roślin, ale także do ich rytmu wzrostu. Ilość azotu wnoszonego jednorazowo nie powinna przekraczać 50 kg N·ha⁻¹ w przypadku gleb średnich i ciężkich, a w przypadku gleb lekkich i bardzo lekkich - dawki 30 kg N·ha⁻¹ [Mazurek, Jaśkiewicz 1995].

Badania Maciejewskiego i in. [2013] dotyczące nawożenia azotem i deszczowania jęczmienia jarego wykazały, iż na obiektach nie nawożonych azotem, zastosowanie

deszczowania nie miało wpływu na wysokość uzyskanych plonów, jednak w miarę zwiększania poziomu nawożenia azotem wzrastała produktywność wody z deszczowania.

Wśród makroskładników, poza azotem, duży wpływ na plonowanie ma również fosfor i potas, a także wapń, magnez i siarka. Gaj [2012] wykazała, że plon roślin pszenżyta jest ograniczany przez niedobór wielu pierwiastków, zwłaszcza potasu, wapnia i magnezu.

Zdaniem Jadczyszyn [2004] nawozy fosforowe i potasowe, oprócz bezpośredniego wpływu na wielkość plonów w roku stosowania, wykazują także efekt następny w kolejnych latach. Efekt ten jest skutkiem wykorzystania przez rośliny rezerw składników nagromadzonych w glebie. W wyniku regularnego stosowania nawozów powinna zwiększać się ich efektywność i opłacalność nawożenia w plonach roślin.

Potas odgrywa ważną rolę w utrzymaniu ciśnienia osmotycznego komórek [Pottosin i Schonknecht 1996]. Wpływa na zwiększenie potencjału wody w liściach, co z kolei oddziałuje na ich wielkość [Cui i in. 2009, Jin i in. 2011]. Pierwiastek ten jest zaangażowany w wiele procesów biochemicznych, takich jak fotosynteza [Zhao i in. 2001], czy synteza białek [Lauer i in. 1989]. Czynnikiem warunkującym ilość pobranego potasu przez rośliny jest wielkość plonu stymulowana nawożeniem azotowym. Rośliny mogą pobierać większe ilości potasu niż potrzebują, jeżeli znajdują go w glebie w dużej ilości [Zawadzki i in. 2006], jednak jego nadmierna zawartość jest również niekorzystna, szczególnie w paszach dla zwierząt, gdyż może prowadzić do wystąpienia wielu chorób przewodu pokarmowego [Krzywy 2007]. Na zmniejszenie wartości przyswajalnego potasu w glebie wpływają cynk i miedź [Domska i in. 2004]. Również wapnowanie zmniejsza ilość potasu w runi nawożonej NPK, ale różnice w ilości pobranego potasu przez rośliny w porównaniu do upraw bez wapnowania są niewielkie [Kopeć i Gondek 2006]. Wapnowanie gleb wpływa także na zmniejszenie dostępnych dla roślin metali ciężkich i unieruchamia ich w glebie. Przechodzą one częściowo w formy trudno przyswajalne przez rośliny [Gotkiewicz 2002].

Współczesne badania dowodzą, iż w żywieniu roślin bardzo ważne znaczenie ma siarka. Prawidłowe odżywienie roślin siarką decyduje o wysokości uzyskiwanych plonów, ale także o wartości odżywczej i walorach smakowych płodów rolnych [Gaj i Klikocka 2011]. Siarka wchodzi w skład aminokwasów: cystyny, cysteiny i metioniny. Jest składnikiem wielu białek enzymatycznych i zapasowych. Występuje w składzie witaminy B i H [Zawadzki 2006, Krzywy 2007]. Wśród zbóż, pszenżyto, po kukurydzy charakteryzuje się najwyższym pobieraniem siarki, wynosi ono $4,5 \text{ kg S} \cdot \text{ha}^{-1}$ [Grzebisz i Przytocka-Cyna 2003]. Wielu autorów twierdzi, że zboża należy nawozić siarką i magnezem [Barczak i Majcherczak 2008,

Fotyma 2003, Lipiński i in. 2003], a dawki nawozów powinny wynosić od 20 do 30 kg·ha⁻¹ każdego pierwiastka [Grzebisz i Haerdter 2006].

Zawartość magnezu w roślinach waha się najczęściej w granicach od 0,1 do 1% w suchej masie. Około 10-20% magnezu pobieranego przez rośliny gromadzona jest jako specyficzny składnik chlorofilu. Magnez jest również składnikiem stabilizującym strukturę chlorofilu oraz aktywatorem niektórych etapów fotosyntezy [Sawicka i in.1999].

Wymagania pokarmowe pszenżyta ozimego niewiele różnią się od wymagań pokarmowych innych zbóż i najbardziej zbliżone są do wymagań pokarmowych jęczmienia jarego (tab.2).

Tabela 2. Porównanie pobierania składników pokarmowych (kg·dt⁻¹) ziarna wraz ze słomą [Czuba 1996]

Table 2. Comparison of nutrient uptake (kg·dt⁻¹) of grain and straw [Czuba 1996]

Zboża	Azot (N)	Fosfor (P ₂ O ₅)	Potas (K ₂ O)	Magnez (Mg)	Wapń (CaO)
Pszenica ozima	2,3	1,0	2,0	0,5	0,5
Pszenica jara	2,1	1,2	3,4	0,5	0,6
Żyto	2,1	1,1	2,7	0,5	0,6
Jęczmień ozimy	2,3	1,0	2,5	0,4	1,0
Jęczmień jary	2,2	1,0	2,4	0,5	0,9
Pszenżyto ozime	2,2	1,0	2,4	0,5	0,8
Owies	2,4	1,2	3,6	0,7	1,1

Zapotrzebowanie na mikroelementy jest stosunkowo niewielkie – od kilku gramów do kilku kilogramów. Pszenżyto pobiera z 1 ha makroelementy w ilości: 30–40 kg siarki, 7–10 kg sodu oraz mikroelementy: 120 g miedzi, 500 g manganu, 350 g cynku, 115 g boru i 7 g molibdenu. Mikroelementy regulują procesy biochemiczne zachodzące w roślinach, pozwalają na lepsze wykorzystanie makroskładników, a także ograniczają rozwój chorób grzybowych. Dostarcza się je roślinom w formie oprysku dolistnego, ponieważ są słabo pobierane przez system korzeniowy [Jaśkiewicz i Podolska 2011]. Z rolniczego punktu widzenia najbardziej istotne znaczenie dla plonu roślin i ich jakości mają: bor, miedź, żelazo, mangan, molibden i cynk [Wróbel i Kijora 2004, Krzywy 2007].

Ocenę stanu odżywiania roślin przeprowadza się wykorzystując różnorodne metody. Do najbardziej powszechnych i dokładnych należą metody opierające się na pomiarach procesów fizjologicznych, zwłaszcza fotosyntezy, oddychania i transpiracji [Kalaji, Rutkowska 2004]. Metody te wykorzystuje się również do oceny stresów roślin. Rośliny rosnące w naturalnych warunkach środowiska, stale narażone są na działanie czynników, które mogą wywoływać

niekorzystne dla nich skutki. Prowadzi to do zmian składu chemicznego ziarna oraz znacznego obniżenia plonu i pogorszenia jego jakości [Grzesiuk i Górecki 1994]. Każdy ze stresów abiotycznych, na które narażona jest roślina powoduje uszkodzenia fotosystemów (zwłaszcza PS II), hamując proces fotosyntezy, od przebiegu którego zależy wielkość plonu rolnego [Starck 1995, Ashraf i in.2006].

Fotosynteza jest jednym z najważniejszych procesów fizjologicznych zachodzących w roślinie. To synteza złożonych związków $(CH_2O)_x$ z prostych związków CO_2 i H_2O przy udziale pochłoniętego przez barwniki asymilacyjne fotosyntetycznie czynnego promieniowania (PAR). Jest ona zasadniczym czynnikiem warunkującym proces akumulacji biomasy, a przez to wytworzenie ostatecznego plonu [Murkowski i Mila 2010]. Szybkość procesu fotosyntezy jest dodatnio skorelowana z zawartością w glebie składników mineralnych takich jak azot, potas, fosfor, mangan, magnez i żelazo [Starck 1995, Murkowski 2002]. Intensywność procesu zależy także w dużym stopniu od organów, w których się odbywa. Zachodzi ona we wszystkich zielonych częściach roślin, ale najintensywniej w liściach [Kościelniak i in. 1990]. Pozostałe organy roślin charakteryzują się niewielkim poziomem fotosyntezy [Starck 2002]. Liście flagowe pojawiają się dosyć wcześnie i pozostają fotosyntetycznie aktywne przez cały okres formowania ziarna aż do jego dojrzałości i są głównym źródłem asymilatów dla kłosa oraz rozwijających się ziarniaków [Górny i in. 2004]. Aktywność fotosyntetyczna liścia flagowego jest szczególnie ważna podczas tworzenia ziarniaków, gdy liście dolne zaczynają zasychać [Inoue i in.2004]. Zdaniem Łobody [1993] i Nalborczyka [1996] oparcie oceny efektywności fotosyntetycznej pszenżyta na pomiarach fluorescencji chlorofilu, wymiany gazowej oraz zawartości chlorofilu liści flagowych wydaje się być zasadne.

Chlorofil, główny barwnik fotosyntetyczny roślin, ma bardzo istotne znaczenie dla produktywności roślin. Jego zawartość jest skorelowana z kumulacją azotu w roślinie oraz z dostępnością tego pierwiastka i innych ważnych dla rośliny mikro- i makroelementów w glebie, jak również z zawartością niskocząsteczkowych białek, głównie enzymatycznych [Argenta i in.2001]. Chlorofil wpływa istotnie na proces fotosyntezy [Karczmarczyk i in.1993, Starck 2002]. Liczne badania wykazały, iż istnieje ścisła dodatnia korelacja pomiędzy poziomem chlorofilu w liściach a intensywnością fotosyntezy [Piskornik 1994, Hall i Rao 1999, Olszewski 2004, Rumasz- Rudnicka 2010].

Do oceny zawartości chlorofilu w liściu stosuje się spektrofotometryczny pomiar zawartości wyekstrahowanego chlorofilu. Najczęściej do pomiarów wykorzystywane są urządzenia typu SPAD i CCI [Samborski i Rozbicki 2002, Abby i in. 2005]. Indeks zawartości

chlorofilu (CCI) jest powszechnie stosowany do oceny stopnia zaopatrzenia roślin w azot i ustalenia dawek nawozów azotowych [Murkowski 2002, Majić i in. 2008, Francis i Piekielek 2012].

Fluorescencja chlorofilu (Chl) *a* jest zjawiskiem emisji zwrotnej części zaabsorbowanej energii świetlnej, która spowodowała wzbudzenie cząsteczek chlorofilu [Reigosa Roger 2001]. W warunkach naturalnych, aparat fotosyntetyczny traci od 0,5 do ok. 5% zaabsorbowanej wcześniej energii poprzez fluorescencję chlorofilu [Lichtenthaler i Rinderle 1988, Bolhar-Nordenkamp i Öquist 1993]. Fluorescencja (Chl) *a* odzwierciedla aktywność aparatu fotosyntetycznego i jest miarą aktywności fotosyntetycznej liścia [Butler 1966, Krause i in. 1991, Govindjee 1973, 1995, 2004, Strasser i in. 2000, 2004, Maxwell i in. 2000, Baker 2008, Rosenqvist 2003].

Pomiary fluorescencji (Chl) *a* rozpoczyna się od zaadaptowania liści do ciemności (przez 10–15 minut), a następnie ich oświetlania światłem o takiej intensywności, aby możliwie wszystkie pułapki energetyczne były otwarte. Zachodzi wówczas indukcja fluorescencji (Chl) *a* zwana efektem Kautskiego [Kautsky i Hirsch 1931]. Krzywa Kautskiego mierzona przy świetle o stałym natężeniu posiada dwie fazy: szybką (wzrastającą, trwającą ok. 0,2 sek.) oraz wolną (polegającą na powolnym obniżaniu się aż do uzyskania stanu ustalonego trwającą kilka minut). Krzywa ta, przedstawiająca przebieg w czasie fluorescencji po zaciemnieniu, posiada kilka punktów OJIP, charakteryzujących fazę szybką oraz PSMT - fazę wolną [Papageorgiou 1968 a, b]. Punkty te odpowiadają kolejnym etapom przepływu elektronów przez fotosyntetyczny łańcuch transportu elektronów. Fluorescencja na tej krzywej wyrażana jest w jednostkach względnych. Powolnemu obniżaniu fluorescencji towarzyszy zwiększanie asymilacji CO₂ w fazie biochemicznej fotosyntezy. Badanie fazy szybkiej, potocznie nazwanej testem OJIP [Strasser i in. 2000, 2004] pozwala na uzyskanie informacji o aktualnym stanie energetycznym PS II, dzięki czemu możliwe jest określenie miejsca oddziaływania stresu jeszcze przed uzewnętrznieniem się jego symptomów na roślinie [Kalaji 2012]. Przebieg krzywej pozwala wyznaczyć wskaźniki fluorescencji po adaptacji w ciemności: (F_0) fluorescencja podstawowa o słabym natężeniu, która następnie narasta do momentu aż wszystkie pułapki energetyczne PSII ulegają zamknięciu i natężenie fluorescencji jest wówczas maksymalne (F_m). Czas, w którym fluorescencja osiąga wartość (F_m) określamy jako T_{fm} . Po osiągnięciu fluorescencji maksymalnej następuje utlenianie puli plastochinonu i fluorescencja ulega obniżeniu. U roślin nie poddanych stresowi parametr F_m/F_0 ma stałą wartość (5-6) [Bjorkman 1987]. Różnica między fluorescencją maksymalną (F_m) a podstawową (F_0) nosi nazwę fluorescencji zmiennej (F_v). Wydajność fluorescencji zmiennej (F_v) może spadać pod

wpływem stresowych czynników środowiska, uszkadzających błony tylakoidów. Parametr F_v/F_m charakteryzuje maksymalną wydajność kwantową PSII [Butler 1975, Genty 1989, Govindjee 1995, 2004] i jest miarodajnym wskaźnikiem aktywności fotosyntetycznej. Dla większości roślin wyższych przybiera wartości w przedziale 0,78-0,84 [Bjorkman 1987] i nazywany jest również wskaźnikiem stresu [Stribet i Govindjee 2011]. Jak podaje Strivastava [1999], bazowanie na parametrach takich jak F_0 i F_m nie jest wystarczająco dokładne. Bardziej czułym parametrem jest PI, czyli wskaźnik wydajności PSII [Strasser 2000,2004]. Spośród wszystkich analizowanych parametrów określa on najlepiej wpływ stresów abiotycznych na bioenergetykę aparatu fotosyntetycznego. PI wskazuje, czy efekt energetyczny przekazywania elektronów uległ jakimkolwiek zaburzeniom [Kalaji i in. 2011a]. Analiza parametrów fluorescencyjnych dostarcza bardzo ważnych informacji na temat funkcjonowania aparatu fotosyntetycznego [Hura i in. 2007b, Guoth 2009]. Metoda ta jest obecnie wykorzystywana między innymi w leśnictwie, badaniach szacowania plonu roślin, czy wpływu różnego rodzaju stresów na rośliny [Strivastava i in. 1995,1997, Sayed 2003, Baker 2004, Rohacek 2008, Strasser i in. 2004, Tsimilli-Michael 2008].

W celu uzyskania pełniejszego obrazu przebiegu procesu fotosyntezy konieczne jest łączenie pomiarów fluorescencji chlorofilu z oceną wymiany gazowej. U roślin narażonych na stresy abiotyczne zmiany w tempie wymiany gazowej odnotowywane są znacznie wcześniej niż w parametrach fluorescencji i widoczne są głównie w parametrach intensywności fotosyntezy (P_n) i przewodności szparkowej (G_s) [Kalaji 2011b].

Wzrost roślin i końcowy plon są wypadkową wielu procesów, z których intensywność fotosyntezy jest jednym z najważniejszych [Penning i in. 1982]. Pozostałe parametry wymiany gazowej, a szczególnie przewodnictwo szparkowe (G_s) mają bezpośredni lub pośredni wpływ na intensywność fotosyntezy [Klamkowski i in. 2008]. Przewodnictwo szparkowe (G_s) zmienia się wraz z natężeniem światła fotosyntetycznego padającego na liść, temperaturą liścia, dostępnością wody i CO_2 [Buckley i Mott 2002]. Wiadomo również, że przewodność szparkowa (G_s) zależy od turgoru epidermy [Mencuccini i in.2000, Franks i in. 2001] a regulacja turgoru w tych komórkach wymaga energii metabolicznej [Blatt 2000, Netting 2000]. Turgor liścia z kolei związany jest z równowagą pomiędzy utratą wody w wyniku transpiracji a jej dostawą do liścia z gleby [Maier- Maercker 1999]. Na przewodność szparkową (G_s) istotny wpływ wywiera podaż i popyt na CO_2 w procesie fotosyntezy i oddychania, co związane jest ze zmianami w stężeniu międzykomórkowym CO_2 [Assmann 1999].

Istotnym parametrem w prawidłowym wzroście i rozwoju roślin jest intensywność transpiracji (E). Proces transpiracji jest kluczowym czynnikiem zarówno w ogólnym życiu

roślin, ponieważ reguluje jego temperaturę, umożliwia przemieszczanie jonów i cząsteczek organicznych do wnętrza roślin, jak i w procesie fotosyntezy [Raviv i Blom 2001]. Z licznych doniesień wynika, iż poziom transpiracji obniża się w warunkach deficytu wody [Pszczółkowska i in. 2003, Olszewska i in. 2010, Rumasz- Rudnicka 2010]. Spowodowane jest to zamykaniem aparatów szparkowych przez rośliny w celu redukcji strat wody, co przyczynia się do wzrostu oporów dyfuzyjnych dla CO₂, w wyniku czego obniża się intensywność fotosyntezy, a ta z kolei jest dodatnio skorelowana z transpiracją [Olszewska i in. 2010].

Na podstawie ilorazu intensywności fotosyntezy (P_n) do transpiracji (E) możliwe jest wyznaczenie fotosyntetycznego współczynnika wykorzystania wody WUE, zdeterminowanego głównie warunkami zewnętrznymi (środowiskowymi) wzrostu roślin, a na podstawie ilorazu intensywności fotosyntezy (P_n) do przewodnictwa szparkowego (G_s), chwilowego współczynnika wykorzystania wody WUEI, związanego z warunkami wewnętrznymi samej rośliny (genetycznymi) [Jeżowski i in. 2009]. WUE to wskaźnik pokazujący prawidłowy wzrost roślin [Li i in. 2001, Harbi i in. 2005]. Wartość fotosyntetycznego WUE rośnie przy niedoborze wody w glebie, co oznacza, że rośliny lepiej gospodarują wodą przy jej ograniczonych ilościach w glebie, natomiast wartość tego wskaźnika zmniejsza się -gdy dostępność wody w glebie wzrasta [Pietkiewicz i in. 2005, Rumasz- Rudnicka 2010].

Istotne znaczenie do przebiegu procesów rozwojowych roślin ma struktura przestrzenna łanu [Czerednik i Naborczyk 2000]. Jej podstawowymi parametrami są: wskaźnik powierzchni liści (LAI), kąt nachylenia liści (MTA) oraz orientacja liści w przestrzeni [Sinoquet i Andrieu 1995]. LAI definiowany jest jako sumaryczna powierzchnia liści mierzona na jednostkę powierzchni terenu [Jiang i in. 2005, Zheng i Moskal 2009, Kałuża i Strzeński 2009]. Wskaźnik ten określa właściwości strukturalne i biochemiczne roślin i jest jednym z ważniejszych parametrów determinujących intensywność fotosyntezy, transpiracji, oraz produktywności roślin [Zarco- Tejada i in. 2005, Glenn i in. 2008]. Umożliwia on określenie dynamiki rozwoju szaty roślinnej, przewiduje wzrost roślin i pokrycie terenu przez nie. Wykorzystywany jest także do szacowania ilości biomasy, a przez to prognozowanie plonów [Glenn i in. 2008]. Dla większości gatunków roślin uprawnych powierzchnia liści jest od 4 do 5-krotnie większa od powierzchni gruntu, jednakże proporcja ta może być większa dla odmian wysoko produktywnych [Skupińska i in. 1974, Bochenek i Grzesiuk 2002]. Optymalna wartość wskaźnika LAI dla roślin zbożowych w fazie kłoszenia powinna wynosić ok. 4 [Jameison i in. 1995]. Im większy jest LAI, tym większa powinna być produkcja biomasy i plonu rolniczego, które według Czerednika i Naborczyka [2000] są ściśle uzależnione od wartości LAI. Jednak

przy zbyt dużych jego wartościach pogarszają się warunki świetlne i zaopatrzenie w CO₂ oraz wzrasta podatność na wyleganie, porażenie przez choroby [Biskupski i in. 2009]. Również badania Fabera i Nieróbcy [1999] wykazały związek między plonem ziarna a wskaźnikiem LAI. Wielu autorów podaje [Czerednik i Nalborczyk 2000, Biskupski i in. 2004, Szmigiel 1999, Gontarz 2006], że na kształtowanie wskaźnika LAI wpływa nawożenie azotem i ochrona roślin przed agrofagami, ponadto zdaniem Szmigła i Oleksego [1997] oraz Szmigła i in. [1997] jego wartość zależy od kierunku i gęstości siewu, a także stosowania retardantów wzrostu.

4. Materiał i metody badań

4.1. Badania polowe

W latach 2012-2014 przeprowadzono ściśle doświadczenie polowe, zlokalizowane na polu Podkarpackiego Ośrodka Doradztwa Rolniczego w Boguchwale (21°57'E 49°59'N).

Doświadczenie realizowano w układzie równoważnych podbloków w czterech powtórzeniach. Wielkość poletka do zbioru wynosiła 16,5 m².

Czynnikami doświadczenia były:

I. Technologia produkcji:

- A₁– niskonakładowa,
- A₂– wysokonakładowa.

II. Odmiany pszenżyta ozimego:

1. Agostino,
2. Alekto,
3. Algosó,
4. Baltiko,
5. Borowik,
6. Elpaso,
7. Fredro,
8. Maestrozo,
9. Pizarro,
10. Todan.

Technologie produkcji były zróżnicowane pod względem poziomu zużycia środków ochrony roślin (tab.3) i nawożenia. Nawożenie fosforowo-potasowe było stałe i wynosiło: 60 kg·ha⁻¹ P₂O₅ i 90 kg·ha⁻¹ K₂O w formie polifoska 6. Nawożenie azotem w formie polifoska 6 było stałe i wynosiło 18 kg·ha⁻¹ N, natomiast w formie saletry amonowej (34%).

Tabela 3. Środki ochrony roślin stosowane w technologiach produkcji pszenżyta ozimego

Table 3. Plant protection products used in production technologies of winter triticale

Środki ochrony roślin / <i>Plant protection products</i>			Technologia produkcji / <i>Production technology</i>							
			Niskonakładowa / <i>Low-input-A₁</i>				Wysokonakładowa / <i>High-input - A₂</i>			
Preparat <i>Name of products</i>		Substancja aktywna <i>Active substance</i>	Dawka substancji aktywnej <i>Dose of active substance (g·ha⁻¹)</i>	Termin aplikacji i faza rozwojowa <i>Application term and growth stages</i>			Dawka substancji aktywnej <i>Dose of active substance (g·ha⁻¹)</i>	Termin aplikacji i faza rozwojowa <i>Application term and growth stages</i>		
				2011/2012	2012/2013	2013/2014		2011/2012	2012/2013	2013/2014
Zaprawa <i>Seed dressing</i>	Funaben plus 0,2 WS	tebukonazol	4,2	28.09.2011	24.09.2012	25.09.2013	4,2	28.09.2011	24.09.2012	25.09.2013
				przedsiewnie / <i>pre-sowing</i>				przedsiewnie / <i>pre-sowing</i>		
Herbicydy <i>Herbicide</i>	Komplet 560 SC	Diflufenikan +flufenacet	280	24.10.2011	19.10.2012	12.11.2013	280	24.10.2011	19.10.2012	12.11.2013
				wschody / <i>Seedling growth</i>				wschody / <i>Seedling growth</i>		
Insektycydy <i>Insecticide</i>	Karate Zeon 050CS	lambda- cyhalotryna	5	28.05.2012	22.05.2013	26.05.2014	5	28.05.2012	22.05.2013	26.05.2014
				kłoszenie <i>Ear emergence</i>				kłoszenie <i>Ear emergence</i>		
Fungicydy <i>Fungicide</i>	Wirtuoz 520 EC	Prochloraz +tebukonazol +proquinazid					650	30.04.2012	06.05.2013	24.04.2014
	Strzelanie w źdźbło / <i>Steam elongation</i>									
	Credo 600 SC	chlorotalonil +pikoksystrobina					1200	28.05.2012	13.06.2013	26.05.2014
kłoszenie / <i>Ear emigration</i>										
Regulator wzrostu <i>Growth inhibitor</i>	Moddus 250 EC	trineksapak etylu					150	23.04.2012	30.04.2012	22.04.2014
								Strzelanie w źdźbło / <i>Steam elongation</i>		

i mocznika (46%) było zróżnicowane na poszczególnych poziomach agrotechnicznych, wynosiło odpowiednio: saletra amonowa na poziomie A_1 – 50 kg N·ha⁻¹, A_2 – 60 kg N·ha⁻¹, mocznik na poziomie A_1 - 20 kg N·ha⁻¹, A_2 - 50 kg N·ha⁻¹. Na poziomie agrotechnicznym A_2 zastosowano 2-krotnie nawożenie dolistne preparatem Basfoliar 36 Extra w ilości 0,5 dm³·ha⁻¹ w fazie strzelania w źdźbło i kłoszenia.

Przedplonem dla pszenżyta w latach 2012 i 2013 był łubin wąskolistny, a w 2014 roku rzepak ozimy.

Siew pszenżyta w obsadzie 350 roślin·m⁻¹ wykonano w następujących terminach: 29.09.2011 r., 25.09 2012 r. oraz 25.09 2013 r.

W okresie wegetacji przeprowadzono obserwacje faz rozwojowych roślin obejmujące:

- wschody (początek, pełnia)
- krzewienie (początek)
- strzelanie w źdźbło (początek)
- kłoszenie (początek, pełnia)
- dojrzałość (mleczna, woskowa, pełna).

Obserwacje dotyczyły także oceny wylegania zboża, którą wykonano w fazie dojrzałości mlecznej i przed zbiorem roślin. Ocenę wylegania przeprowadzono w skali 9°-stopniowej, gdzie 9°- oznaczało brak wylegania, a 1°- całkowite wyleganie roślin.

W trakcie wegetacji dokonano oceny porażenia roślin pszenżyta ozimego przez choroby przyjmując skalę 9°-stopniową, gdzie 9°oznaczało rośliny zdrowe, a 1° - rośliny całkowicie porażone. Na roślinach stwierdzono objawy mączniaka prawdziwego, rdzy brunatnej, fuzariozę kłosów, ryńchosporiozę, choroby podstawy źdźbła oraz septoriozę liści i plew.

Przed zbiorem policzono obsadę kłosów na jednostce powierzchni, rzucając losowo na każdym poletku 2-krotnie z powierzchni 0,25 m². Z każdego poletka pobrano losowo po 20 roślin, które posłużyły do określenia następujących cech morfologicznych:

- długość źdźbła głównego
- długość kłosa
- liczba ziaren z kłosa
- masa ziaren z kłosa.

W okresie wegetacji dokonano 3-krotnie pomiarów:

- indeksu powierzchni liści (LAI) oraz wskaźnika kąta nachylenia liści (MTA) - aparatem LAI-2000, firmy LI-COR Inc.

- względnej zawartości chlorofilu w liściu flagowym - aparatem ADC OSI CCI-200 Plus firmy ADC BioScientific Ltd.
- wybranych wskaźników fluorescencji chlorofilu w liściu flagowym - fluorymetrem Pocket PEA firmy Hansatech Instruments Ltd.,
- wybranych wskaźników wymiany gazowej w liściu flagowym – aparatem LCpro-SD firmy ADC BioScientific Ltd.

Powyższe pomiary wykonano w fazach: początku strzelania w źdźbło (BBCH 32), kłoszenia (BBCH 51-54) i dojrzałości mleczej (BBCH 73).

Wartości (LAI) oznaczono wykonując dwa pomiary nad łanem i osiem pomiarów w łanie (eliminując ze zbioru danych wartości przekraczające 5% błąd standardowy pomiaru) [Nieróbca 1996].

Zawartość chlorofilu, wybrane parametry fluorescencji chlorofilu *a* oraz wymiany gazowej mierzono na w pełni wykształconych liściach, w środkowej części blaszki liściowej. Ostatni pomiar wykonano na liściu flagowym. Zawartość chlorofilu *a* (CCI) mierzono wykonując pomiary na 10 wybranych losowo liściach z każdego poletka. Pomiary fluorescencji chlorofilu przeprowadzano na 10 liściach, po 30 minutowej adaptacji liścia w ciemności [Kalaji i Łodoba, 2009]. Analizowano następujące parametry fluorescencji chlorofilu:

- F_v/F_m - maksymalna wydajność PS II,
- F_v/F_o - szczytowa efektywność reakcji rozkładu wody,
- PI - wskaźnik vitalności PSII.

Pomiary wybranych wskaźników wymiany gazowej wykonywano na 5 liściach, po ustabilizowaniu (przez 2-3 minuty) warunków w komorze pomiarowej. Komora z liściem zaopatrzona była w zespół mieszaniny diod LED czerwonych i niebieskich, emitujących światło o natężeniu PAR 1500 μ mol. Pomiar stężenia CO₂ (Ci) odbywał się poprzez analizę gazu w podczerwieni, w systemie otwartym różnicowym, auto-zero przy automatycznej kompensacji ciśnienia i temperatury. Natężenie fotosyntezy (Pn) obliczono jako iloraz stężenia CO₂ pochłoniętego przez liść w określonym czasie w komorze pomiarowej i wartości powierzchni liścia. Dwa szybko reagujące czujniki laserowe dostarczyły danych dotyczących transpiracji (E).

Zbiór roślin wykonano w dniach: 01.08.2012 r., 02.08.2013 r. i 05.08.2014 r. W czasie zbioru ważono plon ziarna i słomy z każdego poletka, oraz pobierano ok. 1 kg próby ziarna przeznaczone do określenia masy 1000 ziaren i oznaczeń laboratoryjnych. Plon ziarna i masę 1000 ziaren podano przy wilgotności 15%.

Sumy temperatur i opadów dla poszczególnych faz rozwojowych pszenżyta ozimego obliczono na podstawie danych dziennych pochodzących ze Stacji Meteorologicznej Uniwersytetu Rzeszowskiego zlokalizowanej w Rzeszowie-Zalesiu 22°01'E 50°03'N (tab. 4).

4.2. Badania laboratoryjne

Przed założeniem doświadczenia pobrano próbki glebowe w celu ustalenia zasobności gleby w podstawowe składniki pokarmowe. Oznaczono:

- odczyn (pH) – metodą potencjometryczną (PN-ISO 10390:1997),
- zawartość fosforu – norma PN-R-04023:1996 metodą spektrofotometryczną, na spektrofotometrze Genesys 6,
- zawartość potasu – metodą polegającą na pomiarze promieniowania emitowanego przez atomu potasu podczas rozpylania badanego roztworu w płomieniu acetylen-powietrze (PN-R-04022:1996). Oznaczenie wykonane przy użyciu fotometru płomieniowego firmy Zeiss Jena,
- zawartość magnezu – metodą polegającą na selektywnej absorpcji promieniowania o długości fali 285,2 nm emitowanego przez lampę z katodą magnezową przez atomy magnezu powstające podczas rozpylania w płomieniu acetylen- powietrze badanego wyciągu z gleby mineralnej (PN-R-04020:1994). Oznaczenie wykonane przy użyciu spektrometru absorpcji atomowej AAS 30 firmy Zeiss Jena wyposażonego w lampę z katodą magnezową,
- zawartość mikroelementów: Mn (PN-92/R-04019), Cu (PN-92/R-04017), Zn (PN-92/R-04016), Fe (PN-93/R-04021:1994), B (PN- 93/R-04018), metodą jak przy oznaczaniu magnezu, przy użyciu spektrometru absorpcji atomowej AAS firmy Perkin Elmer 1100B. Zawartość pierwiastków w materiale glebowym wyrażono w odniesieniu do powietrznie suchej masy.

Ziarno pszenżyta ozimego poddano analizom chemicznym, które wykonano w każdym roku badań na próbach zbiorczych pobranych z czterech powtórzeń. Oznaczono zawartość:

- białka ogółem – metoda Kjeldahla, które obliczono na podstawie zawartości azotu ogółem i przelicznika 6,25 (PN-A-04018),
- tłuszczu surowego – metoda Soxhleta,
- włókna surowego – metoda Henneberga-Stohmana w modyfikacji Pruszyńskiego,
- popiołu surowego – poprzez spalanie w temperaturze 600°C,

- makroelementów i mikroelementów:
K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Cu, Zn – metodą AAS,
- P – metodą kolorymetryczną, po wcześniejszej mineralizacji w temperaturze 220°C w mieszaninie $\text{HNO}_3 : \text{HClO}_4 : \text{H}_2\text{O}_2$ w stosunku 20 : 5 : 1

Na podstawie zawartości składników mineralnych w ziarnie wyliczono stosunki jonowe, określając masę równoważnikową w g na mol.

Plon białka ogólnego obliczono na podstawie wielkości plonu oraz zawartości białka ogólnego w ziarnie.

W obliczeniach wartości energetycznej plonu ziarna pszenżyta ozimego przyjęto, że 1 kg suchej masy ma wartość energetyczną równą 13,5 MJ [Norma żywienia świń 1993]

Określono gęstość ziarna w stanie zsypanym [PN-EN ISO 7971-3, 2010] oraz celność ziarna na mechanicznym sortowniku z zestawem sit Vogla o rozmiarze oczek 2,8, 2,5 i 2,2 mm (udział ziarna o grubości >2,5 mm).

4.3. Analiza statystyczna

Wyniki uzyskane w doświadczeniach polowych i analizach laboratoryjnych opracowano statystycznie, zgodnie z układem doświadczenia. Obliczenia wykonano metodą analizy wariancji za pomocą programu ANALWAR – 5.3 FR. Syntezę analizy wariancji przeprowadzono w modelu mieszanym, traktując lata jako czynnik losowy. Dla oceny istotności różnic pomiędzy średnimi obiektowymi zastosowano test porównań wielokrotnych Tukey'a, przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

W celu wykazania zależności pomiędzy plonem a jego składowymi i fizjologicznymi cechami plonotwórczymi (wybranymi wskaźnikami wymiany gazowej i fluorescencji chlorofilu oraz zawartością chlorofilu *a*) oraz wskaźnikami struktury przestrzennej łąnu wykonano analizę korelacji prostej, oddzielnie dla technologii nisko- (A_1) i wysokonakładowej (A_2).

5. Warunki realizacji doświadczenia

5.1. Warunki pogodowe

W latach 2011, 2012, 2013 i 2014 sumy opadów były niższe w porównaniu do wielolecia kolejno o 13%, 30%, 16% i 39%. Wyjątkowo obfity w opady był lipiec 2011 r., kiedy to suma opadów wynosiła 234 mm i była o 152% wyższa w porównaniu ze średnią za wielolecie dla tego miesiąca. Najniższą sumą opadów (0,4 mm) w całym analizowanym okresie wyróżnił się listopad 2011r., o 98% niższą od średniej wieloletniej dla tego miesiąca.

Lata realizacji doświadczeń charakteryzowały się wyższymi niż przeciętnie średnimi rocznymi temperaturami powietrza. Jedynie w 2012 roku średnia roczna temperatura powietrza wynosiła 6,6°C i była o 21,4% niższa od średniej z wielolecia. W okresie prowadzenia badań najwyższa średnia temperatura powietrza (20,1°C) wystąpiła w lipcu 2014 r, o 1,3°C wyższa w porównaniu do wielolecia, natomiast najniższą (-7,0°C) odnotowano w lutym 2012 r., o 5,7°C niższą od notowań przeciętnych.

Tabela 4. Układ warunków pogodowych w latach 2011-2014 (wg Stacji Meteorologicznej Uniwersytetu Rzeszowskiego w Rzeszowie-Zalesiu)

Table 4. Weather conditions during 2011-2014 (according to University of Rzeszow meteorological station in Rzeszów-Zalesie)

Rok / Year	Miesiąc / Month												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I-XII
Opady / Rainfalls (mm)													Suma Sum
2011	39,2	27,6	19	50	49,2	88,5	234	28,6	8,6	29,5	0,4	28,2	602
2012	17,3	33,5	28,3	29,5	62,2	101	46,6	30	20,6	83,4	15,5	20,6	488
2013	54,2	20,5	51,5	31,2	67,3	141	49,1	10,9	56,2	10,7	77,8	7,9	585
2014	19,7	16,9	37,8	29,9	92,2	48,1	57,1	46,8	32,2	24	9,2	12,5	426
Średnio / Mean 1980-2010	13,9	28,7	36,4	48,4	78,5	84,7	95,9	70,4	69,0	46,7	37,6	37,5	664,8
Temperatura powietrza / Air temperature (°C)													Średnio Mean
2011	-0,4	-4,2	2,8	10,3	13,9	18,1	18,6	19	15,2	7,6	2	4,0	8,9
2012	-5,2	-7,0	1,4	6,5	10,9	14,1	15,2	14,2	15,0	9,1	6,7	-1,5	6,6
2013	-1,6	0,3	-0,7	9,7	15,1	18,3	18,9	18,7	12,4	11,2	6,2	2,0	9,2
2014	0,5	3,3	6,8	10,1	14,2	16,3	20,1	18,0	15,3	9,7	6,6	1,8	10,2
Średnio / Mean 1980-2010	-2,5	-1,3	2,6	8,4	13,8	16,8	18,8	18,0	13,4	8,7	3,3	-1,0	8,3

W celu pogłębienia oceny warunków termiczno-opadowych w okresie wegetacji roślin zastosowano współczynnik hydrologiczny Sielianinowa [Molga 1972] w postaci:

$$k = \frac{P}{\sum t \times 0,1}$$

gdzie:

P- suma opadów atmosferycznych dla danej dekady w mm,

$\sum t$ – suma średnich dobowych temperatur powietrza dla danej dekady w °C.

Charakterystykę wilgotnościową dla miesięcy o temperaturze powyżej 8°C, umożliwiającą wyodrębnienie warunków skrajnie suchych i skrajnie wilgotnych, określono za Skowerą i Pułą [2004], wykorzystując podział wartości k na następujące klasy:

skrajnie suchy – $k \leq 0,4$

bardzo suchy – $0,4 < k \leq 0,7$

suchy – $0,7 < k \leq 1,0$

dość suchy – $1,0 < k \leq 1,3$

optymalny – $1,3 < k \leq 1,6$

dość wilgotny – $1,6 < k \leq 2,0$

wilgotny – $2,0 < k \leq 2,5$

bardzo wilgotny – $2,5 < k \leq 3,0$

skrajnie wilgotny – $k > 3,0$

Według powyższego kryterium, lata 2011 i 2012 charakteryzowały się optymalnymi warunkami wilgotnościowymi, natomiast w latach 2013 i 2014 warunki wilgotnościowe były mniej korzystne w porównaniu do wielolecia, na co wskazują średnie wartości współczynników hydrotermicznych Sielianinowa (tab.5). Stwierdzono jednak dużą zmienność warunków wilgotnościowych w poszczególnych miesiącach. Najbardziej niekorzystne warunki wilgotnościowe (skrajnie suche) wystąpiły we wrześniu 2011 r., sierpniu 2013 r. i październiku 2013 r. Bardzo suchy był sierpień 2011 i 2012 r. oraz wrzesień 2012 r., natomiast skrajnie wilgotny był lipiec 2011 r.

Tabela 5. Współczynnik hydrotermiczny Sielianinowa w okresie wegetacji roślin
Table 5. Sielianinow's hydrothermic coefficients during the vegetation period

Rok / Year	Miesiąc / Month							Średnio Mean
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
2011	1,62	1,14	1,63	4,06	0,49	0,19	-	1,30
2012	-	1,84	2,39	0,99	0,68	0,46	2,96	1,33
2013	1,08	1,44	2,57	0,84	0,19	1,51	0,31	1,13
2014	0,99	2,09	0,98	0,92	0,84	0,70	0,80	1,04
Średnio / Mean 1986-2002	1,96	1,93	1,71	1,61	1,26	1,92	1,97	1,76

Wartość współczynnika Sielianinowa (dla temperatury powyżej 8°C)/ Sielianinow's coefficient value (dla temperatury powyżej 8°C)

5.2. Warunki glebowe

Doświadczenie w miejscowości Boguchwała realizowano na glebie brunatnej wytworzonej z lessu, o składzie granulometrycznym piasku słabo gliniastego (ps). Z punktu widzenia kategorii agronomicznej jest to gleba ciężka, kompleksu pszennego dobrego, klasy bonitacyjnej II.

Gleba charakteryzowała się odczynem lekko kwaśnym, jedynie w 2013 r. kwaśnym (tab.6). Zawartość przyswajalnych form fosforu i potasu była bardzo wysoka, za wyjątkiem 2013 roku, w którym zawartość potasu była średnia. Zawartość przyswajalnych form magnezu była bardzo niska, tylko w 2011 niska. Zawartość w glebie przyswajalnych form manganu i żelaza pozwala zakwalifikować ją do kategorii gleb o średniej zasobności w te składniki, a boru miedzi i cynku - niskiej.

Tabela 6. Wybrane właściwości gleby przed założeniem doświadczenia
Table 6. Selected properties of the soil before experiment

Rok Year	Próchnica Humus %	pH 1n KCl	Zawartość przyswajalnych form / Content of available form							
			Makroelementy Macroelements			Mikroelementy Microelements				
			P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	B	Mn	Cu	Zn	Fe
			mg / 100 g gleby / soil			mg / 1000 g gleby / soil				
2011	1,69	6,13	32,8	37,0	4,3	0,50	152,6	4,0	6,5	1509
2012	1,56	6,49	38,3	46,0	3,8	0,55	148,7	3,4	5,6	1309
2013	1,62	5,53	20,3	23,5	2,8	1,0	218,7	4,7	7,1	2096

6. Wyniki badań

6.1. Przebieg wegetacji roślin

Technologia produkcji jak też czynnik odmianowy nie miały wpływu na początkowy okres wzrostu i rozwoju roślin pszenżyta ozimego, do fazy krzewienia (BBCH 21) (tab.7, 7a). Terminy wchodzenia roślin w poszczególne fazy rozwojowe i długość ich trwania zależały przede wszystkim od przebiegu warunków pogodowych w latach badań. Najdłuższy okres od siewu do początku krzewienia się roślin odnotowano w sezonie wegetacyjnym 2011/2012.

Znaczne różnice odnotowano w przypadku długości zimowego zahamowania wzrostu roślin. W latach 2011/2012 i 2013/2014 okres ten był zbliżony (odpowiednio 63 i 65 dni), a w sezonie 2012/2013 trwał 2-krotnie dłużej (127 dni). Tak długi okres zimowego zahamowania wzrostu w sezonie 2012/2013 spowodowany był długą, ale łagodną zimą (średnia temperatura powietrza w tym okresie wynosiła $-0,4^{\circ}\text{C}$), z obfitymi opadami.

Przełom lat 2011/2012 cechował się stosunkowo krótkim okresem bardzo niskich temperatur. Zima na przełomie lat 2012/2013 była długa i łagodna, natomiast okres zimowy 2013/2014 wyróżnił się dodatnimi temperaturami powietrza.

Począwszy od fazy krzewienia do fazy dojrzałości pełnej, o terminie wchodzenia w poszczególne fazy rozwojowe i długości ich trwania decydowały cechy genetyczne odmian i technologia produkcji. W technologii wysokonakładowej (A_2) rośliny wchodziły w kolejne fazy 2 dni później w porównaniu do technologii niskonakładowej (A_1), a zróżnicowanie w przebiegu wegetacji pomiędzy odmianami w obrębie poszczególnych technologii wahało się od 1 do 6 dni. W omawianym okresie na uwagę zasługuje duża liczba dni z opadem w sezonie 2013/2014 (52-53 dni), co znacząco wydłużyło okres od krzewienia do strzelania w źdźbło (104-106 dni).

We wszystkich latach prowadzenia eksperymentu, badane odmiany osiągały dojrzałość pełną w III dekadzie lipca. Najkrótszym okresem wegetacji rośliny pszenżyta ozimego charakteryzowały się w sezonie wegetacyjnym 2012/2013 (178-180 dni, w zależności od odmiany i technologii produkcji), z najwyższą w badanym okresie średnią dobową temperaturą powietrza, natomiast w sezonach 2011/2012 i 2013/2014 długość okresu wegetacji roślin była zbliżona i mieściła się w zakresie odpowiednio od 233 do 237 i od 237 do 241 dni.

Tabela 7. Przebieg wegetacji pszenżyta ozimego, na tle warunków pogodowych
Table 7. The course of growing season of Winter Triticale according to weather condition

Okres w rozwoju roślin <i>Growth stage</i>	Sezon wegetacyjny <i>Growing season</i>	Technologia produkcji <i>Production technology</i>	Okres <i>Period</i>	Liczba dni* <i>Number of days</i>	Temperatura powietrza <i>Air temperature (°C)</i>		Opady <i>Precipitation (mm)</i>	
					Suma <i>Sum</i>	Średnia dobowa <i>Daily avarage</i>	Suma <i>Sum</i>	Liczba dni z opadem <i>Number of days</i>
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Siew - wschody <i>Sowing- Seedling growth</i>	2011/2012	A1, A2	29.09.2011 do 11.10.2011	13	153,2	11,8	19,3	2
	2012/2013	A1, A2	25.09.2012 do 02.10.2012	8	125,9	15,8	10,1	6
	2013/2014	A1, A2	25.09.2013 do 10.10.2013	16	119,3	7,5	8,7	6
Wschody - krzewienie <i>Seedling growth - Tillering</i>	2011/2012	A1, A2	12.10.2011 do 09.11.2011	29	158,2	5,5	10,1	7
	2012/2013	A1, A2	03.10.2012 do 22.10.2012	20	212,3	10,6	51,3	12
	2013/2014	A1, A2	11.10.2013 do 28.10.2013	18	244,2	13,6	3,2	7
Jesienne zahamowanie - wiosenne ruszenie wegetacji <i>Autumn vegetation inhibition - Spring resumption of vegetation</i>	2011/2012	A1, A2	16.01.2012 do 18.03.2012	62	-342	-5,5	59,4	18
	2012/2013	A1, A2	06.12.2012 do 12.04.2013	127	-56,3	-0,4	169,9	61
	2013/2014	A1, A2	09.12.2013 do 11.02.2014	65	71,9	1,11	53,6	25
Krzewienie - strzelanie w źdźbło <i>Tillering- Stem elongation</i>	2011/2012	A1, A2	10.11.2011 do 22-26.04.2012	93-97	141,5-173,1	2,2-2,3	75,4-78,5	40-43
	2012/2013	A1, A2	23.10.2012 do 26-28.04.2013	60-62	813,8-849,7	13,8-14,1	71,3-74,9	31-32
	2013/2014	A1, A2	29.10.2013 do 15-17.04.2014	104-106	627,1-639,2	5,9-6,5	154,4- 158,5	52-53
Strzelanie w źdźbło - kłoszenie <i>Stem elongation – Ear emergencje</i>	2011/2012	A1	23-27.04.2012do 20-23.05.2012	27-28	283,9-298,8	10,1-11,1	57,9-60,7	12-14
		A2	23-27.04.2012 do 22-25.05.2012	29-30	315,5- 320,8	10,5-11,1	58,1-61,1	13-14
	2012/2013	A1	27-29.04.2013 do 21-27.05.2013	25-29	409-428,2	15,1-16,4	26,7-64,7	8-13
		A2	27-29.04.2013 do 23-29.05.2013	27-31	431,8-468,1	15,1-16	30,3-64,9	10-14
	2013/2014	A1	16-18.04.2014 do 14-20.05.2014	29-33	343,9-416,7	11,9-12,6	45,2-85,7	15-18
		A2	16-18.04.2014 do 16-22.05.2014	31-35	368,3-455,6	11,9-13	85,1-85,4	17-18

Tabela 7a. Przebieg wegetacji pszenżyta ozimego, na tle warunków pogodowych – cd.

Table 7a. The course of growing season of Winter Triticale according to weather condition-continuation

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kłoszenie - dojrzałość mleczna <i>Ear emergencje - Milk development</i>	2011-2012	A1	21-24.05.2012 do -25-29.06.2012	36-37	484,8-496,5	13,4-13,5	104,3-105,1	20-21
		A2	23-26.05.2012 do 27-30.06.2012	34-36	479-486,9	13,3-13,5	104,9-105	20
	2012-2013	A1	22-28.05.2013 do 25-28.06.2013	32-35	580,7- 601,8	17,2-18,2	137,7-166,1	24-27
		A2	24-30.05.2013 do 27-30.06.2013	32-35	582,8-607,6	17,4-18,2	143,5-169,3	24-27
	2013-2014	A1	15-21.05.2014 do 16-21.06.2014	32-33	534-542,2	16,4-16,7	72,1-89,7	14-16
		A2	17-21.05.2014 do 18-23.06.2014	33-34	525-547,8	16,4-16,6	30,6-32,3	16
Dojrzałość mleczna- dojrzałość woskowa <i>Milk development- Dough development</i>	2011-2012	A1	26-30.06.2012 do 08-09.07.2012	10-13	156,1-195,0	15-15,6	8,8-10,5	5-6
		A2	28.06-01.07.2012 do 10-11.07.2012	11-13	178,9-206,8	15,9-16,3	8,8-9	5-6
	2012-2013	A1	26-29.06.2013 do 13-19.07.2013	18-21	309,5-374,9	17,2-17,9	54,2-56,6	9-10
		A2	28.06-01.07.2013 do 15-21.07.2013	18-21	312,9-376,3	17,4-17,9	48,4-57,2	9-10
	2013-2014	A1	17-22.06.2014 do 09-14.07.2014	23	397,1-410,6	17,3-17,8	57,9-69,8	12-14
		A2	19-24.06.2014 do 11-16.07.2014	23	403,7-422,5	17,5-18,4	65,2-68,9	12
Dojrzałość woskowa- dojrzałość pełna <i>Dough development- Full development</i>	2011-2012	A1	09-10.07.2012 do -19-22.07.2012	11-13	169,9-191,4	14,7-15,4	15,9-21,6	9
		A2	11-12.07.2012 do -20-23.07.2012	10-12	148,5-167	13,9-14,8	15,8-21,6	8-9
	2012-2013	A1	14-20.07.2013 do 27-28.07.2013	9-14	173-257,6	18,4-19,2	0,4-9,1	2-6
		A2	16-22.07.2013 do 28-29.07.2013	8-13	167,9-250,4	19,3-21	0,3-1,8	1-4
	2013-2014	A1	10-15.07.2014 do 23-26.07.2014	12-14	248,1-278,6	19,9-20,7	18,5-25,8	6-8
		A2	12-17.07.2014 do 24-27.07.2014	11-13	229,0-260,3	20,0-20,8-	18,5-25,2	5-8
Długość okresu wegetacji <i>Growing season</i>	2011-2012	A1	29.09.2011 do 19-22.07.2012	233-236	1594,7-1635,3	6,8-6,9	235,6-241,4	66-67
		A2	29.09.2011 do 20-23.07.2012	234-237	1610,5-1646,3	6,8-6,9	235,6-241,4	66-67
	2012-2013	A1	25.09.2012 do 27-28.07.2013	178-179	2351,7-2376,5	13,2-13,3	370,8	100
		A2	25.09.2012 do 28-29.07.2013	179-180	2376,5-2404,8	13,3-13,4	370,8	100
	2013-2014	A1	25.09.2013 do 23-26.07.2014	237-240	2559,3-2619,8	10,8- 10,9	367,7-374,5	114-116
		A2	25.09.2013 do 24-27.0.20147	238-241	2598,5-2641,7	10,9-11	374,4-374,5	115- 116

* - Liczba dni trwania poszczególnych okresów, w zależności od technologii produkcji i odmiany

W przeprowadzonym eksperymencie wyleganie roślin pszenżyta ozimego było znacząco modyfikowane przez przebieg warunków pogodowych w latach badań (tab. 8). Najsilniej rośliny wylegały w sezonie wegetacyjnym 2012/2013, z kolei w latach 2011/2012 wylegały one w najmniejszym stopniu.

Nie wykazano jednoznacznego wpływu poziomu intensywności technologii produkcji na stopień wylegania roślin. Stwierdzono jedynie tendencję do mniejszego wylegania roślin badanych odmian pszenżyta ozimego w technologii wysokonakładowej (A₂), w której wraz z wyższymi dawkami azotu niż w technologii niskonakładowej (A₁) zastosowano dodatkowo antywylegacz.

W fazie dojrzałości pełnej (BBCH 99) wyleganie roślin uległo nasileniu w stosunku do fazy dojrzałości młeczej (BBCH 75). Najbardziej podatne na wyleganie w fazie dojrzałości młeczej były odmiany Elpaso, Maestrozo i Fredro, natomiast przed zbiorem w dużym stopniu oprócz powyższych wylegały także odmiany Agostino i Todan. W analizowanym okresie badań największą odpornością na tę niekorzystną cechę wyróżniła się półkarłowa odmiana Alekto.

Tabela 8. Ocena wylegania roślin (w skali 9°, gdzie 9° - brak wylegania roślin, 1° - całkowite wyleganie roślin)

Table 8. Assessment of lodging of plants (on a scale 9°, where 9° - plants without lodging, 1° - plants complete lodging)

Odmiana <i>Cultivar</i>	Dojrzałość młeczna / <i>Milk development</i> (BBCH 75)							Dojrzałość pełna / <i>Full development</i> (BBCH 99)						
	2011/ 2012		2012/ 2013		2013/ 2014		Średnio Mean	2011/ 2012		2012/ 2013		2013/ 2014		Średnio Mean
	A ₁ *	A ₂	A ₁	A ₂	A ₁	A ₂		A ₁	A ₂	A ₁	A ₂	A ₁	A ₂	
Agostino	9,0	9,0	5,5	8,0	6,5	7,0	7,20	8,5	9,0	3,0	4,0	3,5	4,5	5,42
Alekto	9,0	9,0	6,0	8,0	9,0	9,0	8,33	9,0	9,0	4,5	6,5	7,5	8,0	7,42
Algoso	9,0	9,0	6,0	6,0	7,5	7,0	7,42	8,0	9,0	4,5	6,0	5,0	5,0	6,25
Baltiko	9,0	9,0	7,5	8,5	9,0	8,5	8,58	9,0	8,5	5,0	5,0	6,5	6,0	6,67
Borowik	9,0	9,0	6,5	6,0	7,0	7,0	7,42	7,5	9,0	5,5	3,5	6,5	7,5	6,58
Elpaso	9,0	9,0	6,0	4,0	5,0	6,0	6,50	9,0	9,0	2,5	2,5	3,5	4,0	5,08
Fredro	9,0	9,0	4,5	4,5	6,5	6,5	6,67	9,0	9,0	2,0	3,5	4,5	5,0	5,50
Maestrozo	8,5	9,0	5,0	4,5	5,5	7,0	6,58	7,5	8,0	2,5	3,5	4,5	4,5	5,08
Pizarro	8,5	9,0	6,0	6,5	6,5	6,5	7,17	8,5	8,0	4,5	6,0	4,5	5,5	6,17
Todan	9,0	9,0	6,0	5,5	6,5	7,0	7,17	9,0	8,5	3,5	3,0	4,5	5,5	5,67
Średnio Mean	8,9	9,0	5,9	6,2	6,9	7,2	7,35	8,5	8,7	3,8	4,4	5,1	5,6	6,02

* A₁ - technologia niskonakładowa /*Low input technology*, A₂- technologia wysokonakładowa /*High input technology*

6.2. Porażenie roślin przez choroby

Podczas 3-letniego okresu prowadzenia eksperymentu, w żadnym z sezonów wegetacyjnych nie stwierdzono na roślinach badanych odmian pszenżyta ozimego przetrwalników grzyba buławinki czerwonej wywołującego sporysz.

W niniejszej pracy główną uwagę skupiono na porażeniu roślin pszenżyta ozimego przez choroby w technologii niskonakładowej (A_1). W technologii wysokonakładowej (A_2) nie zaobserwowano oznak chorób roślin, za wyjątkiem fuzariozy kłosów i pleśni śniegowej. W technologii wysokonakładowej (A_2) fuzarioza kłosów wystąpiła w sezonie wegetacyjnym 2013/2014 u wszystkich odmian jej nasilenie oceniono na 8° w skali 9° (tab.9). W technologii niskonakładowej (A_1) największe nasilenie chorób powodowanych przez *Fusarium* spp. wystąpiło w sezonie wegetacyjnym 2013/2014, a najbardziej wrażliwymi na ten rodzaj grzyba okazały się odmiany Borowik, Todan i Algoso.

Tabela 9. Porażenie roślin przez fuzariozę kłosów (*Fusarium* spp.)

Table 9. Plants infected by *Fusarium* (*Fusarium* spp.)

Odmiana <i>Cultivar</i>	Technologia niskonakładowa <i>Low input technology (A₁)</i>				Technologia wysokonakładowa <i>High input technology (A₂)</i>			
	2011/ 2012	2012/ 2013	2013/ 2014	Średnio <i>Mean</i>	2011/ 2012	2012/ 2013	2013/ 2014	Średnio <i>Mean</i>
Agostino	8,0	8,0	7,0	7,7	9,0	9,0	8,0	8,7
Alekto	8,0	8,0	7,0	7,7	9,0	9,0	8,0	8,7
Algoso	8,0	7,5	7,0	7,5	9,0	9,0	8,0	8,7
Baltiko	8,0	8,0	7,0	7,7	9,0	9,0	8,0	8,7
Borowik	7,0	8,0	7,0	7,3	9,0	9,0	8,0	8,7
Elpaso	8,0	8,0	7,0	7,7	9,0	9,0	8,0	8,7
Fredro	8,0	8,0	7,0	7,7	9,0	9,0	8,0	8,7
Maestrozo	8,0	8,0	7,0	7,7	9,0	9,0	8,0	8,7
Pizarro	8,0	8,0	7,0	7,7	9,0	9,0	8,0	8,7
Todan	7,0	8,0	7,0	7,3	9,0	9,0	8,0	8,7
Średnio <i>Mean</i>	7,8	7,95	7,0	7,6	9,0	9,0	8,0	8,7

W sezonie 2012/2013 w wyniku długo trwającej zimy zaobserwowano na roślinach pszenżyta objawy pleśni śniegowej powodowanej przez *Microdochium Nivale*, prowadzącej do zamierania roślin (tab. 10). Najbardziej podatne na tego patogena w trzyletnim okresie badań były odmiany Agostino, Algoso, Todan i Borowik.

Tab.10. Porażenie roślin przez pleśń śniegową(*Microdochium Nivale*) i procent roślin martwych w sezonie wegetacyjnym 2012/2013 (ocena w dniu 15.04.2013 r.)

Table 10. Plants infected by snow mold (*Microdochium Nivale*) and the percentage of lifeless plants in the growing season 2012/2013 (evaluation in 15.04.2013)

Odmiana Cultivar	Pleśń śniegowa <i>Microdochium nivale</i>		Rośliny martwe <i>Lifeless plants (%)</i>	
	Technologia/Technology			
	Niskonakładowa <i>Low input (A₁)</i>	Wysokonakładowa <i>High input (A₂)</i>	Niskonakładowa <i>Low input (A₁)</i>	Wysokonakładowa <i>High input (A₂)</i>
Agostino	7,5	7,5	6,5	6,5
Alekto	9,0	8,5	0,0	0,0
Algoso	8,5	8,5	3,0	3,5
Baltiko	9,0	9,0	0,0	0,0
Borowik	8,5	8,5	1,5	1,5
Elpaso	9,0	9,0	0,0	0,0
Fredro	8,5	8,5	0,0	0,0
Maestrozo	9,0	9,0	0,0	0,0
Pizarro	9,0	8,5	0,0	0,0
Todan	8,0	8,5	2,5	3,5
Średnio Mean	8,6	8,5	1,35	1,5

We wszystkich latach badań notowano objawy powodowane przez patogeny z rodzaju *Phaeosphaeria avenariaef. sp. tritici*, *Rhynchosporium secalis*, *Puccinia recondita Rob. Ex Desm.*, *F.sp. tritici* oraz *Blumeria graminis* (tab.11). Największe nasilenie chorób wywoływanych przez powyższe grzyby zaobserwowano w sezonie 2013/2014. Odmianami najbardziej odpornymi na *Puccinia recondita* były odmiany Pizarro i Borowik, a najmniej Algoso. *Phaeosphaeria avenariaef. sp. tritici* z największym nasileniem atakował odmiany Elpaso, Borowik i Baltiko, a *Phaeosphaeria nodorum* – odmianę Alekto. W analizowanym okresie badań odmiana Todan wykazała się największą odpornością na *Rhynchosporium secalis*, a odmiana Pizarro na *Blumeria graminis*. Rozwojowi chorób podstawy żdźbła sprzyjały natomiast warunki pogodowe w sezonie wegetacyjnym 2011/2012. Najbardziej odpornymi na patogeny powodujące te choroby okazały się odmiany Pizarro i Maestrozo, zaś pozostałe odmiany nie różniły się między sobą znacząco pod tym względem.

Tabela 11. Porażenie roślin przez septoriozę, rynchosporiozę, rdzę brunatną, mączniaka prawdziwego oraz choroby podstawy źdźbła- technologia niskonakładowa (A₁)

Table 11. Plants infected by septoria, rynchosporium secalis, brown rust, powdery mildew, and stem base diseases – Low input technology (A₁)

Odmiana Cultivar	Septoriaza								Rynchosporioza (<i>Rhynchosporium secalis</i>)				Rdza brunatna (<i>Puccinia recondita</i> Rob. Ex Desm., <i>F.sp. tritici</i>)				Mączniak prawdziwy (<i>Blumeria graminis</i>)				Choroby podstawy źdźbła - kompleks			
	liści (<i>Phaeosphaeria avenaria</i> f. <i>sp. tritici</i>))				plew (<i>Phaeosphaeria nodorum</i>)																			
	2011/2012	2012/2013	2013/2014	Średnio Mean	2011/2012	2012/2013	2013/2014	Średnio Mean	2011/2012	2012/2013	2013/2014	Średnio Mean	2011/2012	2012/2013	2013/2014	Średnio Mean	2011/2012	2012/2013	2013/2014	Średnio Mean	2011/2012	2012/2013	2013/2014	Średnio Mean
Agostino	8,0	8,0	7,0	7,7	7,0	7,5	8,0	7,5	9,0	8,0	7,0	8,0	8,0	8,5	8,0	8,2	8,0	8,0	7,0	7,7	7,5	8,0	8,0	7,8
Alekto	8,0	8,0	7,0	7,7	7,0	7,0	7,5	7,2	8,5	8,0	7,0	7,8	8,0	8,0	7,5	7,8	8,0	7,5	6,0	7,2	7,5	8,0	8,0	7,8
Algoso	8,0	7,5	7,0	7,5	7,5	7,0	8,0	7,5	9,0	8,0	6,5	7,8	8,0	7,5	7,0	7,5	7,5	6,0	6,5	6,7	7,0	8,0	8,0	7,7
Baltiko	7,5	7,5	7,0	7,3	7,5	7,5	8,0	7,7	8,0	8,0	7,0	7,7	8,0	7,5	7,5	7,7	7,5	6,0	6,0	6,5	7,5	8,0	8,0	7,8
Borowik	7,5	7,5	7,0	7,3	7,0	7,0	8,0	7,3	8,5	8,0	7,0	7,8	8,0	9,0	8,0	8,3	8,0	8,0	7,0	7,7	7,5	8,0	8,0	7,8
Elpaso	8,0	7,0	7,0	7,3	8,0	8,0	8,0	8,0	8,5	7,5	7,0	7,7	8,0	8,5	7,5	8,0	7,5	5,0	6,0	6,2	7,5	8,0	8,0	7,8
Fredro	7,5	8,0	7,0	7,5	7,5	8,0	8,0	7,8	8,5	8,0	7,0	7,8	8,0	9,0	7,5	8,2	8,0	8,0	6,5	7,5	7,5	8,0	8,0	7,8
Maestrozo	8,0	7,5	7,5	7,7	7,0	7,0	8,0	7,3	8,5	8,0	7,5	8,0	8,0	8,5	8,0	8,2	8,0	7,5	7,0	7,5	8,0	8,0	8,0	8,0
Pizarro	8,0	8,0	7,5	7,8	8,0	7,0	8,0	7,7	8,5	8,0	6,5	7,7	8,0	9,0	8,0	8,3	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Todan	8,0	7,5	7,5	7,7	7,0	8,0	8,0	7,7	9,0	8,0	7,5	8,2	8,0	8,5	7,5	8,0	8,0	7,0	7,0	7,3	7,5	8,0	8,0	7,8
Średnio Mean	7,8	7,7	7,2	7,6	7,3	7,4	8,0	7,6	8,6	8,0	7,0	7,9	8,0	8,4	7,7	8,0	7,8	7,1	6,7	7,2	7,5	8,0	8,0	7,9

6.3. Fizjologiczne cechy plonotwórcze

6.3.1. Zawartość chlorofilu w liściu flagowym

Względna zawartość chlorofilu w liściu flagowym badanych odmian pszenżyta ozimego zmniejszała się wraz ze wzrostem i rozwojem roślin (tab.12). W fazie dojrzałości mleczej (BBCH 73) była ona niższa średnio o 5,9 CCI w odniesieniu do wartości notowanej w fazie strzelania w źdźbło (BBCH 32) i o 2,4 CCI w fazie kłoszenia (BBCH 51-54).

W trzyletnim okresie badań stwierdzono istotne zróżnicowanie odmianowe pod względem zawartości chlorofilu w liściu flagowym, nie wykazano natomiast istotnego wpływu poziomu intensywności technologii produkcji pszenżyta ozimego jak również współdziałania czynników doświadczenia w kształtowaniu analizowanej cechy. Zarysowała się jednak tendencja do większej kumulacji chlorofilu w liściu flagowym roślin uprawianych w technologii wysokonakładowej (A₂).

W fazie strzelania w źdźbło (BBCH 32) u odmiany Pizarro względna zawartość chlorofilu w liściu flagowym była istotnie niższa w porównaniu do odmian Baltiko, Agostino, Fredro, Alekto oraz Elpaso, od 11,5 CCI (Alekto) do 16,7 CCI (Elpaso). Niską zawartością chlorofilu charakteryzowała się także odmiana Algoso, istotnie niższą w odniesieniu do odmian Baltiko, Agostino, Fredro i Elpaso od 11,7 CCI (Baltiko) do 15,3 CCI (Elpaso). Z kolei odmiana Todan zawierała istotnie mniej chlorofilu w porównaniu do odmian Agostino i Elpaso odpowiednio o 10,6 i 13,1 CCI.

W fazie kłoszenia (BBCH 51-54) liście flagowe odmiany Pizarro posiadały istotnie mniejszą w porównaniu do odmian Baltiko, Agostino, Fredro, Alekto i Elpaso względną zawartość chlorofilu, od 9,5 CCI (Baltiko) do 17,2 CCI (Elpaso). Także odmiana Algoso charakteryzowała się istotnie niższą zawartością chlorofilu w liściu flagowym od odmian Agostino, Fredro, Alekto i Elpaso, w zakresie od 8,8 CCI (Agostino) do 13,7 CCI (Elpaso), a odmiana Borowik zawierała go istotnie mniej w odniesieniu do Fredro i Elpaso, odpowiednio o 9,6 i 12,9 CCI. Z kolei odmiana Elpaso przewyższała pod względem analizowanej cechy odmiany Todan, Pizarro, Borowik, Algoso i Maesatrozo, od 9,9 CCI (Maesatrozo) do 17,2 CCI (Pizarro).

W fazie dojrzałości mleczej (BBCH 73) Odmiany Elpaso, Alekto i Fredro zawierały w liściu flagowym istotnie więcej chlorofilu w porównaniu z odmianami Todan, Pizarro, Borowik i Algoso. Najniższą względną zawartością chlorofilu cechowała się natomiast

odmiana Pizarro, ustępując pod tym względem istotnie wszystkim odmianom za wyjątkiem Todan, Borowik i Algosó.

Warunki pogodowe w latach badań modyfikowały istotnie względną zawartość chlorofilu w fazie strzelania w źdźbło (BBCH 32) i kłoszenia (BBCH 51-54). W fazie (BBCH 32) w latach 2011/2012 stwierdzono istotnie wyższą o 5,13 CCI zawartość chlorofilu w odniesieniu do lat 2013/2014, podobnie w fazie (BBCH 51-54) w sezonie 2011/2012 parametr ten przyjął istotnie wyższą wartość o 7,9 CCI w porównaniu do notowanego w 2013/2014.

Tabela 12. Zawartość chlorofilu w liściu flagowym (CCI – Chlorophyll Concentration Index)

Table 12. Chlorophyll content in the flag leaf (CCI – Chlorophyll Concentration Index)

Odmiana Cultivar (II)		Strzelanie w źdźbło Stem elongation (BBCH 32)		Kłoszenie Ear emergence (BBCH 51-54)			Dojrzałość mleczna Milk development (BBCH 73)		
		Technologia produkcji Production technology(I)		Średnio Mean	Technologia produkcji Production technology(I)		Średnio Mean	Technologia produkcji Production technology(I)	
		A1	A2		A1	A2		A1	A2
Agostino		44,5	47,7	46,1	38,6	43,1	40,8	36,1	39,0
Alekto		41,7	45,0	43,4	39,0	42,7	40,9	38,3	40,0
Algoso		32,1	34,5	33,3	29,5	34,6	32,0	29,5	33,8
Baltiko		44,6	45,3	45,0	36,4	39,6	38,0	32,4	38,0
Borowik		35,2	42,0	38,6	31,2	34,5	32,8	29,7	34,5
Elpaso		48,3	49,0	48,6	45,2	46,2	45,7	39,1	39,5
Fredro		44,2	46,7	45,5	40,7	44,1	42,4	39,2	39,3
Maestrozo		38,6	39,9	39,2	33,5	38,1	35,8	34,7	36,6
Pizarro		30,8	33,1	31,9	27,0	29,9	28,5	24,4	28,9
Todan		33,2	37,8	35,5	33,6	37,2	35,4	29,7	33,6
Średnio/Mean		39,3	42,1	40,7	35,5	39,0	37,2	33,3	36,3
LSD/NIR _{α=0,05}		I – n.s., II – 10,1, II/I – n.s., I/II – n.s.		I – n.s., II – 8,72, II/I – n.s., I/II – n.s.			I – n.s., II – 6,36, II/I – n.s., I/II – n.s.		
Lata/Years	2011/2012	44,0		41,1			36,2		
	2012/2013	39,3		37,3			36,3		
	2013/2014	38,9		33,2			32,0		
	NIR/LSD _{α=0,05}	5,24		6,26			n.s.		

n.s. – różnica statystycznie nieistotna / different not significant

6.3.2. Wskaźniki struktury przestrzennej łąnu

Wskaźnik powierzchni liści (LAI)

W przeprowadzonym doświadczeniu nie stwierdzono istotnego wpływu poziomu intensywności technologii oraz zależności interakcyjnych pomiędzy technologią produkcji a czynnikiem odmianowym na kształtowanie się wartości wskaźnika powierzchni liści LAI w żadnej z analizowanych faz rozwojowych (tab.13). Zaobserwowano jedynie tendencję do uzyskiwania wyższych wartości tego wskaźnika architektury łąnu w technologii wysokonakładowej (A_2). W każdej z faz rozwojowych roślin pszenżyta ozimego uwidoczniły się natomiast istotne zróżnicowania odmianowe.

W fazie strzelania w źdźbło (BBCH 32) wartość wskaźnika LAI u odmiany Borowik była istotnie wyższa w odniesieniu do odmian Baltiko, Alekto i Elpaso, od 24,1% (Baltiko) do 27,2% (Alekto). Również odmiana Algoso wykazywała się istotnie wyższą wartością wskaźnika powierzchni liści w stosunku do wyżej wymienionych odmian, od 22,1% (Baltiko) do 25,2% (Alekto).

W fazie kłoszenia (BBCH 51-54) odmiana Algoso uzyskała wysoką wartość wskaźnika LAI, istotnie wyższą w odniesieniu do odmian Baltiko i Alekto (o 21%) oraz Elpaso (o 27%). Odmiany te posiadały także istotnie niższą wartość LAI w porównaniu z odmianą Maestrozo, natomiast odmiana Elpaso cechowała się dodatkowo istotnie niższą wartością tego parametru w porównaniu do odmiany Pizarro.

W fazie dojrzałości mleczej (BBCH 73) odmiana Pizarro posiadała istotnie wyższą wartość wskaźnika LAI w odniesieniu do odmiany Baltiko, Agostino, Alekto i Elpaso, od 26,5% (Elpaso) do 38% (Alekto). Odmiana Alekto miała również istotnie niższą (o 0,5%) wartość tego parametru od odmiany Todan. Pozostałe odmiany nie różniły się znacząco pod względem analizowanej cechy.

Warunki pogodowe w latach badań modyfikowały istotnie wartość wskaźnika LAI. W fazie strzelania w źdźbło (BBCH 32) i kłoszenia (BBCH 51-54) w sezonie 2011/2012 wskaźnik LAI przyjmował istotnie niższe wartości w odniesieniu do 2012/2013 i 2013/2014 (odpowiednio o 0,84 i 0,61), natomiast w fazie dojrzałości mleczej (BBCH 73) w latach 2013/2014 przyjął on istotnie wyższą wartość w porównaniu do notowanego w latach 2011/2012 i 2012/2013 (odpowiednio o 2,03 i 1,82).

Tabela 13. Wskaźnik powierzchni liści (LAI) - średnio za lata 2012-2014

Table 13. Leaf area index – means from 2012-2014 years

Odmiana Cultivar (II)		Strzelanie w źdźbło - <i>Stem elongation</i> (BBCH 32)		Kłoszenie - <i>Ear emergence</i> (BBCH 51-54)			Dojrzałość mleczna - <i>Milk development</i> (BBCH 73)		
		Technologia produkcji <i>Production Technology</i> (I)		Średnio <i>Mean</i>	Technologia produkcji <i>Production Technology</i> (I)		Średnio <i>Mean</i>	Technologia produkcji <i>Production Technology</i> (I)	
		A1	A2		A1	A2		A1	A2
Agostino		5,0	5,3	5,1	5,7	6,1	5,9	5,1	5,3
Alektio		4,6	4,9	4,7	5,4	5,6	5,5	4,7	5,0
Algoso		5,9	5,9	5,9	6,5	6,7	6,6	5,7	6,1
Baltiko		4,5	5,2	4,8	5,1	5,5	5,3	4,8	5,2
Borowik		5,9	6,2	6,0	6,1	6,3	6,2	5,6	5,8
Elpaso		4,7	4,8	4,7	5,2	5,3	5,2	5,2	5,4
Fredro		5,2	5,6	5,4	5,5	6,1	5,8	5,7	5,9
Maestrozo		5,3	5,6	5,5	6,5	6,6	6,6	5,6	5,9
Pizarro		5,5	5,7	5,6	6,1	6,3	6,2	6,7	6,7
Todan		5,3	5,5	5,4	5,5	6,0	5,8	6,0	6,2
Średnio/ <i>Mean</i>		5,2	5,4	5,3	5,8	6,1	5,9	5,5	5,8
NIR/LSD $_{\alpha=0,05}$		I – n.s., II – 0,99, II/I – n.s., I/II – n.s.		I – n.s., II – 0,98, II/I – n.s., I/II – n.s.			I – n.s., II – 1,19, II/I – n.s., I/II – n.s.		
Lata/ <i>Years</i>	2011/2012	4,83		5,26			4,88		
	2012/2013	5,68		6,33			5,09		
	2013/2014	5,45		6,13			6,91		
	NIR/LSD $_{\alpha=0,05}$	0,56		0,63			0,61		

Wskaźnik kąta nachylenia liści (MTA)

Wartość wskaźnika kąta nachylenia liści (MTA) badanych odmian pszenżyta ozimego wykazywała tendencję spadkową wraz ze wzrostem i rozwojem roślin (tab.14). W fazie dojrzałości mleczej (BBCH 73) średnia wartość tego parametru była o 4° niższa w odniesieniu do notowanej w fazie strzelania w źdźbło (BBCH 32).

Warunki pogodowe w latach badań różnicowały istotnie wskaźnik kąta nachylenia liści MTA jedynie w fazie dojrzałości mleczej (BBCH 73). W latach 2013/2014 wartość wskaźnika MTA w tej fazie rozwojowej była istotnie niższa (o 5°) w odniesieniu do sezonu 2011/2012.

W każdej z badanych faz rozwojowych roślin pszenżyta ozimego, wskaźnik MTA był istotnie modyfikowany przez czynnik odmianowy, nie wykazano natomiast znaczącego wpływu poziomu intensywności technologii produkcji oraz interakcji czynników doświadczenia na kształtowanie wielkości tego parametru architektury łanu.

W fazie strzelania w źdźbło (BBCH 32) liście odmian Baltiko, Alekto i Elpaso ustawione były bardziej wertykalnie w porównaniu do odmian Todan, Borowik, Algoso i Maestrozo. U odmiany Baltiko wartość wskaźnika MTA była istotnie wyższa w porównaniu do wyżej wymienionych odmian od 15,3% (Todan) do 17% (Borowik), a u odmiany Alekto od 16% (Todan) do 17,7% (Borowik). Także liście odmiany Elpaso były ułożone bardziej wertykalnie w porównaniu do odmian Baltiko, Alekto i Elpaso od 18% (Todan) do 19,6% (Borowik). Ponadto odmiana Fredro charakteryzowała się wyższą wartością analizowanego parametru o 13,7% od odmiany Borowik.

Również w fazie kłoszenia (BBCH 51-54) większym kątem nachylenia liści wyróżniły się odmiany Elpaso, Baltiko i Alekto, przewyższając pod tym względem istotnie odmiany Todan i Algoso, a Baltiko dodatkowo odmianę Maestrozo. Z kolei odmiana Elpaso cechowała się istotnie wyższą wartością wskaźnika MTA w odniesieniu do odmiany Todan (o 17,2%) i Algoso o (14,8%). Z kolei u odmiany Baltiko wartość omawianego parametru była istotnie wyższa w porównaniu do odmian Todan (o 18%), Algoso (o 15,5%) i Maestrozo (o 13,8%), natomiast u odmiany Fredro wskaźnik ten był wyższy w odniesieniu do Todan (o 15,3%).

W fazie dojrzałości mleczej (BBCH 73) jedynie odmiana Baltiko cechowała się istotnie wyższą wartością wskaźnika MTA (o 16%) w odniesieniu do odmian Pizarro, Borowik (o 14,5%) i Maestrozo (o 14,7%).

Tabela 14. Wskaźnik kąta nachylenia liści (MTA) w stopniach -średnio za lata 2012-2014

Table 14. Value of Mean Tip Angle (MTA) in degrees– means from 2012-2014

Odmiana <i>Cultivar</i> (II)	Strzelanie w źdźbło - <i>Stem elongation</i> (BBCH 32)			Kłoszenie - <i>Ear emergence</i> (BBCH 51-54)			Dojrzałość mleczna - <i>Milk development</i> (BBCH 73)		
	Technologia produkcji <i>Production technology</i> (I)		Średnio <i>Mean</i>	Technologia produkcji <i>Production technology</i> (I)		Średnio <i>Mean</i>	Technologia produkcji <i>Production technology</i> (I)		Średnio <i>Mean</i>
	A1	A2		A1	A2		A1	A2	
Agostino	53	53	53	50	49	49	48	45	47
Alekto	54	56	55	51	52	51	49	47	48
Algoso	48	47	47	44	45	45	49	44	47
Baltiko	54	56	55	53	50	51	53	50	51
Borowik	46	47	47	47	47	47	45	45	45
Elpaso	56	56	56	53	49	51	46	49	47
Fredro	52	54	53	50	51	50	46	46	46
Maestrozo	47	47	47	45	45	45	46	44	45
Pizarro	51	54	52	47	50	48	45	43	44
Todan	43	52	47	43	45	44	47	45	46
Średnio/ <i>Mean</i>	50	52	51	48	48	48	47	46	47
NIR/LSD _{α=0,05}		I – n.s., II – 6,24, II/I – n.s., I/II – n.s.		I – n.s., II – 6,18, II/I – n.s., I/II – n.s.		I – n.s., II – 6,32, II/I – n.s., I/II – n.s.			
Lata/Years	2011/2012	50		47		48			
	2012/2013	51		49		47			
	2013/2014	52		48		43			
	NIR/LSD _{α=0,05}	n.s.		n.s.		4,4			

6.3.3. Wybrane wskaźniki wymiany gazowej

W przeprowadzonym eksperymencie, w żadnej z analizowanych faz rozwojowych nie wykazano istotnego wpływu warunków pogodowych w latach badań na przebieg wymiany gazowej w liściu flagowym pszenżyta ozimego (tab. 15, 16, 17).

W trzyletnim okresie badań, w fazie strzelania w źdźbło pszenżyta ozimego (BBCH 32) stwierdzono istotne zróżnicowanie odmianowe pod względem intensywności fotosyntezy netto, transpiracji, przewodnictwa szparkowego oraz stężenia wewnątrzkomórkowego CO_2 , nie wykazano natomiast wpływu poziomu intensywności technologii produkcji, jak również współdziałania czynników doświadczenia w kształtowaniu wartości analizowanych parametrów wymiany gazowej (tab. 15). Obserwowano jednak tendencję wzrostu wartości powyższych parametrów w miarę zwiększenia intensywności technologii produkcji. W technologii wysokonakładowej (A_2) intensywność fotosyntezy netto (P_n) była wyższa średnio o $1,3 \mu\text{mol} (\text{CO}_2) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, intensywność transpiracji (E) o $0,09 \text{ mmol} (\text{H}_2\text{O}) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, a przewodnictwo szparkowe (G_s) o $0,02 \text{ mmol} (\text{H}_2\text{O}) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ w odniesieniu do technologii niskonakładowej (A_1). Odwrotną zależność obserwowano w odniesieniu do stężenia wewnątrzkomórkowego CO_2 (C_i), bowiem w technologii wysokonakładowej (A_2) wartość tego parametru była niższa o $2 \mu\text{mol} (\text{CO}_2) \cdot \text{mol}^{-1}$ w porównaniu z technologią niskonakładową (A_1).

Niezależnie od technologii produkcji, wartość parametru (P_n) wskazującego na intensywność fotosyntezy netto u odmiany Todan była istotnie niższa w porównaniu do odmian Agostino, Fredro, Algoso oraz Maestrozo od 17,9% (Algoso) do 25% (Fredro). Z kolei odmiana Fredro wyróżniała się istotnie wyższą wartością tego parametru od odmian Baltiko (o 20,1%), Todan (o 33,3%) oraz Elpaso (o 20,6%).

Odmiany Todan i Elpaso charakteryzowały się istotnie niższą intensywnością transpiracji (E) w porównaniu do odmian Agostino i Alekto. Odmiana Alekto wyróżniała się także istotnie wyższym przewodnictwem szparkowym (G_s) od odmian Baltiko, Todan, Pizarro, Algoso, Maestrozo oraz Elpaso, od $0,06$ (Pizarro) do $0,11 \text{ mol} (\text{H}_2\text{O}) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (Todan). Również odmiana Agostino charakteryzowała się istotnie wyższą wartością tego parametru w odniesieniu do odmian Baltiko, Todan, Algoso, Maestrozo i Elpaso, od $0,05$ (Algoso) do $0,11 \text{ mol} (\text{H}_2\text{O}) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (Todan). Podobnie odmiana Borowik posiadała istotnie wyższe wartości (G_s) od odmian Baltiko, Todan i Elpaso. Z kolei u odmiany Todan stwierdzono istotnie niższą wartość omawianego parametru w porównaniu do odmian Agostino, Pizarro, Borowik, Fredro oraz Alekto, od $0,06$ (Pizarro) do $0,11 \text{ mol} (\text{H}_2\text{O}) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (Alekto).

W fazie strzelania w źdźbło nie wykazano istotnego wpływu czynników doświadczenia i ich interakcji na kształtowanie parametru WUE. Ujawniła się jednak tendencja do zwiększenia efektywności wykorzystania wody przez rośliny w technologii wysokonakładowej A₂ w porównaniu do niskonakładowej A₁.

Badane odmiany pszenżyta ozimego nie różniły się pomiędzy sobą istotnie stężeniem wewnątrzkomórkowym CO₂ w liściu flagowym. Jedynie u odmiany Todan wartość parametru (Ci) była istotnie wyższa o 41,9 $\mu\text{mol}(\text{CO}_2) \cdot \text{mol}^{-1}$ w porównaniu do odmiany Agostino.

W fazie kłoszenia (BBCH 51-54) badane odmiany pszenżyta ozimego różniły się znacząco pod względem intensywności fotosyntezy (Pn) i transpiracji (E), a także przewodnictwa szparkowego (Gs) oraz stężenia wewnątrzkomórkowego CO₂ (Ci), nie wykazano natomiast wpływu poziomu intensywności technologii produkcji oraz interakcji czynników doświadczenia na żaden z analizowanych parametrów wymiany gazowej (tab.16).

Niezależnie od technologii produkcji, u odmiany Agostino wartość parametru (Pn) określającego intensywność fotosyntezy mierzonej w liściu flagowym była istotnie wyższa w porównaniu do odmian Todan i Elpaso, odpowiednio o 24,7% i 15,7%. Z kolei odmiana Todan cechowała się istotnie niższą wartością tego parametru w odniesieniu do Agostino, Borowik, Fredro i Alekto, od 14,4% (Borowik) do 19,8% (Agostino). U odmiany Todan stwierdzono także istotnie niższą wartość parametru (E) informującego o intensywności transpiracji mierzonej w liściu flagowym w porównaniu z odmianami Baltiko (o 20,2%), Agostino (o 19%) oraz Alekto (o 24%).

W fazie kłoszenia (BBCH 51-54), podobnie jak w fazie strzelania w źdźbło (BBCH 32), nie wykazano istotnego wpływu czynników doświadczenia i ich współdziałania na kształtowanie parametru WUE, jednak w technologii wysokonakładowej (A₂) odnotowano tendencję do poprawy efektywności wykorzystania wody przez rośliny w porównaniu do technologii niskonakładowej (A₁).

Badane odmiany pszenżyta ozimego nie różniły się istotnie przewodnictwem szparkowym (Gs) w liściu flagowym. Wyjątek stanowiła odmiana Agostino, u której wartość tego parametru była istotnie wyższa o 0,09 $\text{mol}(\text{H}_2\text{O}) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ w odniesieniu do odmiany Todan. Odmiana Todan wyróżniła się natomiast istotnie wyższym stężeniem wewnątrzkomórkowym CO₂ (Ci) od odmian Agostino, Borowik, Fredro oraz Alekto od 60,7 (Fredro) do 73,3 $\mu\text{mol}(\text{CO}_2) \cdot \text{mol}^{-1}$ (Agostino).

Pomiary parametrów wymiany gazowej w fazie dojrzałości mleczej (BBCH 73) pszenżyta ozimego wykonano tylko 2014 r. Podobnie jak we wcześniejszych fazach

rozwojowych, także tutaj badane odmiany różniły się znacząco pod względem parametrów określających przebieg intensywności fotosyntezy, transpiracji i wyliczonej na ich podstawie efektywności wykorzystania wody WUE, jak również przewodnictwa szparkowego i stężenia wewnątrzkomórkowego CO₂, mierzonych w liściu flagowym (tab.17). Na podstawie przeprowadzonych badań nie wykazano istotnego wpływu poziomu intensywności technologii produkcji oraz interakcji czynników doświadczenia na żaden z analizowanych parametrów wymiany gazowej.

Niezależnie od technologii produkcji, u odmiany Todan intensywność fotosyntezy netto (Pn) była istotnie najniższa, za wyjątkiem odmiany Baltiko. Z kolei u odmiany Baltiko parametr ten był istotnie niższy od pozostałych odmian, z wyjątkiem Todan i Elpaso. U odmiany Elpaso wartość (Pn) była istotnie niższa w odniesieniu do Agostino, Pizarro, Borowik, Fredro oraz Alekto, a wyższa w porównaniu z odmianą Todan. Istotnie wyższą intensywnością fotosyntezy netto (Pn) charakteryzowała się odmiana Agostino w odniesieniu do Baltiko, Todan, Pizarro, Algoso, Alekto, Maestrozo i Elpaso. Również intensywność fotosyntezy netto u odmiany Fredro była istotnie wyższa w porównaniu do Algoso.

W fazie dojrzałości mleczej (BBCH 73) odmiany Borowik i Alekto wyróżniły się istotnie wyższą wartością parametru (E) określającego intensywność transpiracji od odmian Todan, Pizarro, Algoso, Maestrozo i Elpaso, a Borowik dodatkowo od Baltiko i Fredro. Z kolei istotnie najniższą intensywnością transpiracji (E) za wyjątkiem odmian Pizarro i Maestrozo cechowała się odmiana Todan. Niską intensywnością transpiracji wykazała się także odmiana Maestrozo, u której wartość parametru (E) była istotnie niższa od odmian Baltiko, Agostino, Borowik, Fredro, Alekto, Elpaso od 9,7% (Elpaso) do 17,9% (Borowik), a odmiana Pizarro wykazała się istotnie niższą intensywnością transpiracji w odniesieniu do odmian Agostino (12,3%), Borowik (15,3%) i Alekto (14,4%). W fazie dojrzałości mleczej najefektywniej wykorzystującymi wodę okazały się rośliny odmiany Pizarro i Maestrozo, u których wskaźnik WUE był istotnie wyższy w porównaniu do odmian Baltiko, Todan, Borowik, Alekto i Elpaso. Najmniej efektywnie wykorzystywały wodę rośliny odmiany Baltiko, a w dalszej kolejności Alekto, Todan, Borowik i Elpaso. Odmiany te zachowywały się podobnie we wcześniejszych fazach rozwojowych lecz zależności te nie zostały potwierdzone statystycznie.

Alekto to odmiana odznaczająca się istotnie najwyższym przewodnictwem szparkowym (Gs), za wyjątkiem odmian Agostino i Fredro. Odmiana Agostino wykazała się także istotnie wyższym przewodnictwem szparkowym w porównaniu do odmian Todan i Elpaso.

Odmianą cechującą się istotnie najwyższym stężeniem CO₂ (Ci) była Todan. Z kolei odmiany Agostino i Alekto przyjmowały istotnie niższe wartości parametru (Ci) w odniesieniu do Baltiko, Todan, Pizarro i Meastrozo, a odmiana Fredro posiadała istotnie niższe stężenie wewnątrzkomórkowe CO₂ w porównaniu z Baltiko, Todan i Maestroso.

Tabela 15. Wybrane wskaźniki wymiany gazowej w liściu w fazie strzelania w źdźbło (BBCH 32)- średnio za lata 2012-2014

Table 15. Selected gas exchange indicators in stem elongation (BBCH32)- means from years 2012/2014

Odmiana Cultivar (II)	Intensywność fotosyntezy netto Net photosynthesis (P _n) mmol(CO ₂)·m ⁻² ·s ⁻¹			Intensywność transpiracji Transpiration rate(E) mmol(H ₂ O)·m ⁻² ·s ⁻¹			Efektywność wykorzystania wody Water Use EfficiencyWUE μmol(CO ₂)·mmol ⁻¹ (H ₂ O)·			Przewodnictwo szparkowe Stomatal conductance(Gs) mol(H ₂ O)·m ⁻² ·s ⁻¹			Stężenie wewnątrzkomórkowe CO ₂ Internal CO ₂ concentration(Ci)μmol(CO ₂)·mol ⁻¹		
	Technologia produkcji Production technology (I)		Średnio Mean	Technologia produkcji Production technology (I)		Średnio Mean	Technologia produkcji Production technology (I)		Średnio Mean	Technologia produkcji Production technology (I)		Średnio Mean	Technologia produkcji Production technology (I)		Średnio Mean
	A1	A2		A1	A2		A1	A2		A1	A2		A1	A2	
Agostino	18,4	19,0	18,7	3,46	3,53	3,50	5,33	5,38	5,35	0,33	0,35	0,34	242	242	242
Alekto	15,9	17,8	16,8	3,26	3,65	3,45	4,88	4,89	4,88	0,35	0,35	0,35	255	246	251
Algoso	16,6	18,7	17,6	3,04	3,15	3,09	5,52	6,10	5,81	0,25	0,32	0,29	272	271	271
Baltiko	15,5	16,6	16,1	2,95	3,11	3,03	5,28	5,41	5,34	0,24	0,27	0,26	265	265	265
Borowik	16,6	17,9	17,2	3,06	3,08	3,07	5,85	5,90	5,87	0,31	0,32	0,32	273	272	273
Elpaso	15,2	16,8	16,0	2,70	2,70	2,70	5,67	6,25	5,96	0,22	0,28	0,25	269	266	267
Fredro	18,6	20,0	19,3	3,31	3,38	3,35	5,74	5,96	5,85	0,30	0,30	0,30	251	250	250
Maestrozo	17,5	17,9	17,7	2,77	2,78	2,77	6,34	6,52	6,43	0,26	0,30	0,28	267	267	267
Pizarro	16,3	16,5	16,4	2,89	2,90	2,90	5,68	5,82	5,75	0,28	0,31	0,29	271	271	271
Todan	13,1	15,9	14,5	2,67	2,68	2,67	4,96	5,95	5,45	0,23	0,24	0,24	285	284	284
Średnio/Mean	16,4	17,7	17,0	3,01	3,10	3,05	5,52	5,82	5,67	0,28	0,30	0,29	265	263	264
NIR/LSD _{α=0,05}	I – n.s., II – 3,03, II/I – n.s., I/II – n.s.			I – n.s., II – 0,73, II/I – n.s., I/II – n.s.			I – n.s., II – n.s., II/I – n.s., I/II – n.s.			I – n.s., II – 0,05, II/I – n.s., I/II – n.s.			I – n.s., II – 39,3., II/I – n.s., I/II – n.s.		
Lata/Years	2011/2012	17,00		3,05			5,65			0,31			253		
	2012/2013	16,48		3,06			5,46			0,29			264		
	2013/2014	17,64		3,05			5,89			0,27			275		
	NIR/LSD _{α=0,05}	n.s.		n.s.			n.s.			n.s.			n.s.		

Tabela 16. Wybrane wskaźniki wymiany gazowej w fazie kłoszenia (BBCH 51-54)- średnio za lata 2012-2014

Table 16. Selected gas exchange indicators in ear emergence (BBCH 51-54)- means from years 2012/2014

Odmiana Cultivar(II)		Intensywność fotosyntezy netto <i>Net photosynthesis (P_n)</i> mmol (CO ₂)·m ⁻² ·s ⁻¹			Intensywność transpiracji <i>Transpiration rate (E)</i> mmol (H ₂ O)·m ⁻² ·s ⁻¹			Efektywność wykorzystania wody <i>Water Use Efficiency WUE</i> μmol (CO ₂)· mmol-l (H ₂ O)·			Przewodnictwo szparkowe <i>Stomatal conductance (Gs)</i> mol (H ₂ O)·m ⁻² ·s ⁻¹			Stężenie wewnątrzkomórkowe CO ₂ <i>Internal CO₂ concentration (Ci)</i> μmol (CO ₂)· mol ⁻¹		
		Technologia produkcji <i>Production technology (I)</i>		Średnio <i>Mean</i>	Technologia produkcji <i>Production technology (I)</i>		Średnio <i>Mean</i>	Technologia produkcji <i>Production technology (I)</i>		Średnio <i>Mean</i>	Technologia produkcji <i>Production technology (I)</i>		Średnio <i>Mean</i>	Technologia produkcji <i>Production technology (I)</i>		Średnio <i>Mean</i>
		A1	A2		A1	A2		A1	A2		A1	A2		A1	A2	
Agostino		18,2	19,8	19,0	3,18	3,38	3,28	5,84	5,88	5,86	0,31	0,31	0,31	198	197	197
Aleкто		17,7	18,3	18,0	3,45	3,54	3,50	5,17	5,18	5,17	0,29	0,32	0,30	201	201	201
Algoso		16,3	18,5	17,4	3,13	3,31	3,22	5,25	5,61	5,43	0,28	0,29	0,28	250	232	241
Baltiko		15,5	17,6	16,5	3,22	3,44	3,33	4,83	5,18	5,00	0,25	0,26	0,25	217	217	217
Borowik		17,4	18,2	17,8	3,11	3,17	3,14	5,59	5,75	5,67	0,27	0,27	0,27	207	207	207
Elpaso		15,9	17,0	16,4	2,93	2,93	2,93	5,44	5,84	5,64	0,26	0,28	0,27	258	253	256
Fredro		18,2	19,2	18,7	3,18	3,20	3,19	5,75	6,03	5,89	0,30	0,30	0,30	213	207	210
Maestrozo		17,0	18,2	17,6	2,88	3,13	3,00	5,85	5,90	5,87	0,25	0,26	0,26	251	239	245
Pizarro		16,5	16,6	16,6	2,88	2,91	2,89	5,75	5,98	5,87	0,21	0,27	0,24	225	226	226
Todan		14,2	16,2	15,2	2,63	2,68	2,65	5,42	6,10	5,76	0,21	0,23	0,22	273	268	271
Średnio - <i>Mean</i>		16,7	18,0	17,3	3,06	3,17	3,11	5,49	5,74	5,62	0,26	0,28	0,27	229	225	227
NIR/LSD _{α=0,05}		I – n.s., II – 2,5, II/I – n.s.,I/II – n.s.			I – n.s., II – 0,60, II/I – n.s., I/II – n.s.			I – n.s., II – n.s., II/I – n.s., I/II – n.s.			I – n.s., II – 0,09, II/I – n.s., I/II – n.s.			I – n.s., II – 59,3, II/I – n.s., I/II – n.s.		
Lata/Years	2011/2012	17,04			3,18			5,37			0,28			213		
	2012/2013	16,54			3,11			5,42			0,27			230		
	2013/2014	18,38			3,05			6,02			0,26			238		
	NIR/LSD _{α=0,05}	n.s.			n.s.			n.s.			n.s.			n.s.		

Tabela 17. Wybrane wskaźniki wymiany gazowej w fazie dojrzłości mlecznej (BBCH 73)- dane dla 2014 r.

Table 17. Selected gas exchange indicators in milk development (BBCH73)- data for 2014 year

Odmiana Cultivar (II)	Intensywność fotosyntezy netto Net photosynthesis (P _n) mmol (CO ₂)·m ⁻² ·s ⁻¹			Intensywność transpiracji Transpiration rate (E) mmol (H ₂ O)·m ⁻² ·s ⁻¹			Efektywność wykorzystania wody Water Use Efficiency WUE μmol (CO ₂)·mmol ⁻¹ (H ₂ O)·			Przewodnictwo szparkowe Stomatal conductance (G _s) mol (H ₂ O)·m ⁻² ·s ⁻¹			Stężenie wewnątrzkomórkowe CO ₂ Internal CO ₂ concentration (C _i) μmol (CO ₂)·mol ⁻¹		
	Technologia produkcji Production technology (I)		Średnio Mean	Technologia produkcji Production technology (I)		Średnio Mean	Technologia produkcji Production technology (I)		Średnio Mean	Technologia produkcji Production technology (I)		Średnio Mean	Technologia produkcji Production technology (I)		Średnio Mean
	A1	A2		A1	A2		A1	A2		A1	A2		A1	A2	
Agostino	19,5	21,2	20,3	3,71	3,81	3,76	5,26	5,57	5,42	0,30	0,33	0,31	145	144	144
Alekto	18,3	19,2	18,7	3,79	3,91	3,85	4,84	4,90	4,87	0,32	0,35	0,33	146	145	145
Algoso	17,0	19,4	18,2	3,40	3,59	3,49	4,99	5,40	5,19	0,24	0,24	0,24	184	163	173
Baltiko	15,5	16,8	16,2	3,51	3,62	3,56	4,43	4,65	4,54	0,24	0,24	0,24	193	191	192
Borowik	18,4	19,9	19,1	3,83	3,95	3,89	4,80	5,04	4,92	0,21	0,28	0,24	177	167	172
Elpaso	17,1	17,7	17,4	3,49	3,57	3,53	4,90	4,94	4,92	0,21	0,24	0,22	181	175	178
Fredro	18,9	20,1	19,5	3,53	3,61	3,57	5,37	5,57	5,47	0,26	0,26	0,26	153	157	155
Maestrozo	18,2	18,5	18,4	3,17	3,22	3,19	5,76	5,76	5,76	0,25	0,26	0,25	204	188	196
Pizarro	18,3	19,7	19,0	3,29	3,30	3,29	5,57	5,98	5,78	0,21	0,27	0,24	190	184	187
Todan	14,2	15,8	15,0	3,05	3,10	3,08	4,67	5,10	4,88	0,20	0,20	0,20	238	226	232
Średnio / Mean	17,6	18,8	18,2	3,48	3,57	3,52	5,06	5,29	5,18	0,24	0,26	0,25	181	174	177
NIR/LSD _{α=0,05}	I – n.s., II –1,22, II/I – n.s., I/II – n.s.			I – n.s., II –0,31, II/I – n.s., I/II – n.s.			I – n.s., II –0,61, II/I – n.s., I/II –n.s.			I – n.s., II – 0,08, II/I – n.s., I/II – n.s.			I – n.s., II – 36,35, II/I – n.s., I/II – n.s.		

6.3.4. Wybrane wskaźniki fluorescencji chlorofilu

W przeprowadzonych badaniach, w żadnej z analizowanych faz rozwojowych roślin pszenżyta ozimego nie stwierdzono istotnego wpływu czynników pogodowych w latach badań na kształtowanie wybranych parametrów fluorescencji chlorofilu (tab.18,19,20).

Średnio w 3-letnim okresie badań, w fazie strzelania w źdźbło (BBCH 32) wykazano istotny wpływ czynnika odmianowego na wszystkie analizowane wskaźniki fluorescencji chlorofilu, a poziomu intensywności technologii produkcji na kształtowanie się wskaźnika funkcjonowania PS II (PI) oraz wskaźnika F_v/F_m określającego potencjalną wydajność PSII (tab.18). W technologii wysokonakładowej (A_2) rośliny charakteryzowały się istotnie wyższymi wartościami wskaźników F_v/F_m (o 3,84%) i PI (o 13,1%) w porównaniu do technologii niskonakładowej (A_1). Średnio dla odmian, wskaźnik maksymalnej efektywności reakcji rozkładu wody (F_v/F_o) u odmiany Agostino był istotnie wyższy w porównaniu do odmian Baltiko (o 24,8%) i Todan (o 33,5%). Odmiana Todan posiadała również istotnie niższą wartość tego parametru od odmian Fredro, Algoso, Maestrozo i Borowik. Odmiana Agostino wyróżniała się również istotnie wyższą wartością wskaźnika F_v/F_m w odniesieniu do odmiany Todan (o 13,4%) oraz wskaźnika funkcjonowania PS II (PI) w porównaniu z odmianami Baltiko i Todan o 53,5%.

Również w fazie kłoszenia (BBCH 51-54) badane odmiany pszenżyta różniły się znacząco pod względem wartości analizowanych wskaźników fluorescencji chlorofilu, natomiast poziom technologii produkcji miał istotny wpływ jedynie na kształtowanie wskaźnika F_v/F_m , który w technologii wysokonakładowej (A_2) był wyższy o 1,5% w porównaniu do technologii niskonakładowej (tab.19). Wartość wskaźnika F_v/F_o u roślin odmiany Agostino była istotnie wyższa w porównaniu do odmian Todan (o 31%) i Pizarro (o 29,8%), a wskaźnika F_v/F_m istotnie wyższy (o 3,1%) w odniesieniu do odmiany Todan i (o 3,5%) od odmiany Borowik. Badane odmiany pszenżyta ozimego różniły się także istotnie pod względem wskaźnika PI, który u odmiany Agostino był istotnie wyższy w porównaniu do Baltiko, Todan, Pizarro i Elpaso, od 34,6% (Todan) do 28,7% (Elpaso i Pizarro). U odmiany Todan wskaźnik ten był istotnie niższy także od odmiany Fredro (o 22,3%).

W fazie dojrzałości mleczej (BBCH73) wartości parametrów fluorescencji chlorofilu (F_v/F_o , F_v/F_m , PI) były modyfikowane przez czynnik odmianowy (tab.20). Średnio w 3-letnim okresie badań, u odmiany Todan wartość wskaźnika F_v/F_o była istotnie niższa w porównaniu do odmian Agostino (o 24,5%), Algoso (o 20%) i Maestrozo (o 23,7%). Z kolei wskaźnik F_v/F_m u odmiany Agostino przyjmował istotnie wyższe wartości także w stosunku do odmian Baltiko

i Pizarro (odpowiednio o 3,8 % i 5,4%). U odmiany Algosopotencjalna wydajność PS II (F_v/F_m) była istotnie wyższa w odniesieniu do odmiany Todan (o 3,3%). Wskaźnik funkcjonowania PS II (PI) wyróżniał się istotnie wyższymi wartościami u odmian Agostino, Fredro i Maestrozo w odniesieniu do Todan, Pizarro i Elpaso. Ponadto odmiana Todan charakteryzowała się istotnie niższą wartością parametru PI (o 13,6%) od odmiany Borowik. Na kształtowanie wskaźnika PI miała wpływ także technologia produkcji. W technologii wysokonakładowej (A_2) wskaźnik PI przyjmował wartości istotnie wyższe (o 5,8%) w porównaniu do technologii niskonakładowej (A_1).

W żadnej z analizowanych faz rozwojowych roślin pszenżyta ozimego nie wykazano istotnych zależności interakcyjnych pomiędzy technologią produkcji a odmianą w kształtowaniu wartości analizowanych parametrów fluorescencji chlorofilu *a*.

Tabela 18. Wybrane wskaźniki fluorescencji chlorofilu w fazie strzelania w źdźbło (BBCH 32) średnio za lata 2012-2014

Table 18. Selected chlorophyll fluorescence indicators in stem elongation (BBCH32) means from years 2012-2014

Odmiana <i>Cultivar</i> (II)		F _v /F _o		F _v /F _m			PI		
		Technologia produkcji <i>Production technology</i> (I)		Średnio <i>Mean</i>	Technologia produkcji <i>Production technology</i> (I)		Średnio <i>Mean</i>	Technologia produkcji <i>Production technology</i> (I)	
		A1	A2		A1	A2		A1	A2
Agostino		4,54	4,71	4,63	0,815	0,866	0,840	4,08	5,14
Aleкто		3,89	4,02	3,96	0,812	0,827	0,819	3,44	3,84
Algoso		4,21	4,50	4,36	0,765	0,797	0,781	3,60	3,90
Baltiko		3,43	3,98	3,71	0,765	0,794	0,779	2,71	3,30
Borowik		4,31	4,34	4,32	0,783	0,820	0,802	3,30	3,85
Elpaso		4,02	4,04	4,03	0,751	0,785	0,768	3,56	3,58
Fredro		4,25	4,31	4,28	0,819	0,860	0,839	3,95	4,21
Maestrozo		4,17	4,37	4,27	0,792	0,796	0,794	3,35	3,63
Pizarro		4,01	4,08	4,05	0,796	0,823	0,810	3,22	3,72
Todan		3,06	3,87	3,47	0,726	0,757	0,741	2,76	3,24
Średnio/ <i>Mean</i>		3,99	4,22	4,11	0,782	0,812	0,797	3,40	3,84
NIR/LSD _{α=0,05}		I – n.s., II – 0,81, II/I – n.s., I/II – n.s.			I – 0,018, II – 0,098, II/I – n.s., I/II – n.s.			I – 0,23 II – 1,13, II/I – n.s., I/II – n.s.	
Lata/Years	2011/2012	4,14			0,790			3,69	
	2012/2013	4,18			0,803			3,55	
	2013/2014	4,00			0,799			3,61	
	NIR/LSD _{α=0,05}	n.s.			n.s.			n.s.	

Tabela 19. Wybrane wskaźniki fluorescencji chlorofilu w fazie kłoszenia (BBCH 51-54) średnio za lata 2012-2014

Table 19. Selected chlorophyll fluorescence indicators in ear emergence (BBCH51-54) means from years 2012-2014

Odmiana <i>Cultivar</i> (II)		F _v /F _o		F _v /F _m			PI		
		Technologia produkcji <i>Production technology</i> (I)		Średnio <i>Mean</i>	Technologia produkcji <i>Production technology</i> (I)		Średnio <i>Mean</i>	Technologia produkcji <i>Production technology</i> (I)	
		A1	A2		A1	A2		A1	A2
Agostino		4,26	4,74	4,50	0,795	0,810	0,802	4,29	4,40
Alektio		3,50	3,94	3,72	0,777	0,794	0,785	3,67	3,91
Algoso		3,90	4,33	4,12	0,772	0,803	0,787	3,75	4,05
Baltiko		3,81	3,91	3,86	0,783	0,786	0,784	3,31	3,43
Borowik		3,73	3,92	3,82	0,769	0,782	0,775	3,46	3,75
Elpaso		3,75	3,96	3,85	0,775	0,792	0,783	3,14	3,66
Fredro		3,98	4,11	4,04	0,786	0,794	0,790	4,03	4,28
Maestrozo		3,98	4,11	4,04	0,783	0,787	0,785	3,88	3,90
Pizarro		3,44	3,49	3,47	0,777	0,782	0,780	3,22	3,58
Todan		3,32	3,55	3,43	0,772	0,783	0,778	3,17	3,29
Średnio/ <i>Mean</i>		3,77	4,00	3,89	0,779	0,791	0,785	3,59	3,82
NIR/LSD _{α=0,05}		I – n.s., II – 0,91, II/I – n.s., I/II – n.s.		I – 0,010, II – 0,024, II/I – n.s., I/II – n.s.			I – n.s., II – 0,82, II/I – n.s., I/II – n.s.		
Lata/ <i>Years</i>	2011/2012	4,05		0,788			3,75		
	2012/2013	3,87		0,785			3,82		
	2013/2014	3,74		0,782			3,55		
	NIR/LSD _{α=0,05}	n.s.		n.s.			n.s.		

Tabela 20. Wybrane wskaźniki fluorescencji chlorofilu w fazie dojrzłości mlecznej (BBCH 73) średnio za lata 2012-2014

Table 20. Selected chlorophyll fluorescence indicators in milk development (BBCH73) means from years 2012-2014

Odmiana <i>Cultivar (II)</i>		F _v /F _o		F _v /F _m			PI			
		Technologia produkcji <i>Production technology (I)</i>		Średnio <i>Mean</i>	Technologia produkcji <i>Production technology (I)</i>		Średnio <i>Mean</i>	Technologia produkcji <i>Production technology (I)</i>		Średnio <i>Mean</i>
		A1	A2		A1	A2		A1	A2	
Agostino		3,64	4,31	3,98	0,798	0,802	0,800	4,04	4,16	4,10
Alekto		3,43	3,78	3,61	0,777	0,778	0,777	3,47	3,79	3,63
Algoso		3,55	3,97	3,76	0,780	0,788	0,784	3,67	3,70	3,69
Baltiko		3,31	3,73	3,52	0,767	0,774	0,771	3,53	3,70	3,62
Borowik		3,47	3,64	3,55	0,776	0,779	0,778	3,48	4,06	3,77
Elpaso		3,48	3,93	3,70	0,775	0,786	0,780	3,34	3,47	3,41
Fredro		3,39	3,63	3,51	0,777	0,778	0,778	3,93	4,13	4,03
Maestrozo		3,90	3,97	3,94	0,775	0,780	0,778	3,83	4,11	3,97
Pizarro		3,41	3,49	3,45	0,779	0,781	0,780	3,43	3,48	3,46
Todan		2,96	3,05	3,00	0,758	0,760	0,759	3,14	3,37	3,26
Średnio/ <i>Mean</i>		3,45	3,75	3,60	0,776	0,781	0,778	3,59	3,80	3,69
LSD/NIR _{α=0,05}		I – n.s., II – 0,75, II/I – n.s., I/II – n.s.		I – n.s., II – 0,024, II/I – n.s., I/II – n.s.			I – 0,04., II -0,51, II/I – n.s., I/II – n.s.			
Lata/ <i>Years</i>	2011/2012	3,72		0,786			3,69			
	2012/2013	3,48		0,777			3,73			
	2013/2014	3,60		0,772			3,65			
	LSD/NIR _{α=0,05}	n.s.		n.s.			n.s.			

6.4. Cechy morfologiczne roślin

Cechy morfologiczne roślin badanych odmian pszenżyta ozimego zależały głównie od czynnika genetycznego, natomiast technologia produkcji modyfikowała istotnie wysokość roślin (tab.21). W przeprowadzonych badaniach wykazano także istotne współdziałanie czynników doświadczenia w kształtowaniu wysokości roślin i liczby ziaren z kłosa. Warunki pogodowe w latach badań decydowały natomiast o długości kłosa. Istotnie najkrótsze kłosa (9,6 cm) wykształciły rośliny w sezonie wegetacyjnym 2012/2013 i były one istotnie krótsze w porównaniu do roślin z sezonu 2011/2012 i 2013/2014 odpowiednio o 13,8 i 17%.

Zwiększenie poziomu intensywności technologii produkcji powodowało istotne zmniejszenie wysokości roślin badanych odmian pszenżyta ozimego średnio o 6,7%. Zależności tej nie stwierdzono jedynie u roślin odmian Baltiko, Agostino, Alekto i Elpaso, choć zarysowała się taka tendencja.

Niezależnie od technologii produkcji, odmiana Borowik wykształciła istotnie dłuższe źdźbła w odniesieniu do odmian Baltiko (o 25 cm), Agostino (o 27cm) oraz Alekto (o 23 cm). W technologii niskonakładowej (A_1) najwyższe rośliny należały do odmiany Borowik (136 cm), która pod tym względem istotnie przewyższała odmiany Baltiko (o 27cm), Agostino (o 30), Alekto (o 24 cm) i Elpaso (o 22 cm). Podobną zależność odnotowano w technologii wysokonakładowej (A_2), gdzie rośliny odmiany Borowik były istotnie wyższe w porównaniu do Baltiko, Algoso i Alekto (o 23 cm).

W technologii niskonakładowej (A_1) badane odmiany pszenżyta ozimego nie różniły się istotnie liczbą ziaren z kłosa, natomiast w technologii wysokonakładowej (A_2) najwięcej ziaren w kłosie wydały rośliny odmiany Elpaso, która pod tym względem przewyższała istotnie odmiany Agostino (o 33%), Todan (o 24,4%) i Alekto (o 25,6%).

Istotnie najdłuższym kłosem wyróżniały się rośliny odmiany Todan (11,9 cm), które nie różniły się istotnie pod względem badanej cechy od odmian Pizarro, Borowik i Maestrozo. Ponadto odmiany Borowik i Maestrozo wykazały się istotnie dłuższym kłosem w odniesieniu do odmian Baltiko, Fredro i Algoso.

Tabela 21. Cechy morfologiczne roślin pszenżyta ozimego
Table 21. The morphological characteristics of winter triticale

Technologia produkcji <i>Production technology</i> (I)	Odmiana <i>Cultivar</i> (II)	Wysokość roślin/ <i>Plant</i> <i>high</i> (cm)	Długość kłosa / <i>Spike</i> <i>length</i> (cm)	Liczba ziaren z kłosa/ <i>Number</i> <i>of grains per</i> <i>spike</i> (szt.)
Niskonakładowa <i>Low input</i> (A ₁)		120	10,3	41,6
Wysokonakładowa <i>High input</i> (A ₂)		112	10,9	44,9
NIR/LSD _{p=0,05}		6,8	n.s.	n.s.
	Agostino	104	10,5	39,1
	Alekto	108	10,5	40,2
	Algoso	121	9,5	44,4
	Baltiko	106	9,8	43,3
	Borowik	131	11,7	45,1
	Elpaso	112	10,4	48,1
	Fredro	113	9,7	43,8
	Maestrozo	117	11,4	45,6
	Pizarro	124	10,7	42
	Todan	120	11,9	41,1
	NIR/LSD _{p=0,05}	21,8	1,33	n.s.
Średnio / Mean		116	10,6	43,3
Niskonakładowa/ <i>Low input</i> (A ₁)	Agostino	106	10,2	38,8
	Alekto	112	10,1	38,6
	Algoso	123	9,5	43,3
	Baltiko	109	9,5	41,5
	Borowik	136	11,6	43,5
	Elpaso	114	10	43,7
	Fredro	119	9,5	43,1
	Maestrozo	125	11,1	44,5
	Pizarro	129	10,5	39,1
	Todan	124	11,3	39,9
Wysokonakładowa / <i>High input</i> (A ₂)	Agostino	103	10,8	39,4
	Alekto	103	10,8	41,8
	Algoso	119	9,5	45,5
	Baltiko	103	10,1	45,1
	Borowik	126	11,7	46,7
	Elpaso	111	10,9	52,5
	Fredro	108	9,9	44,4
	Maestrozo	110	11,7	46,7
	Pizarro	119	10,9	44,9
	Todan	116	12,4	42,2
NIR/LSD _{p=0,05}	II / I	22,3	n.s.	9,43
	I / II	7,2	n.s.	4,54
Lata / <i>Years</i>	2011/2012	119	11,14	43,4
	2012/2013	110	9,60	39,9
	2013/2014	117	11,57	46,6
	NIR/LSD _{p=0,05}	n.s.	0,82	n.s.

6.5. Plonowanie roślin

6.5.1. Elementy kształtujące plon

Na podstawie przeprowadzonego eksperymentu wykazano istotny wpływ warunków pogodowych w latach badań na kształtowanie obsady kłosów na jednostce powierzchni jak i masy ziarna z kłosa pszenżyta ozimego (tab.22). W sezonie wegetacyjnym 2011/2012 rośliny wykształciły istotnie większą obsadę kłosów na 1m² (o 13,6%) w porównaniu do sezonu 2013/2014. Z kolei istotnie najmniejszą masę ziaren z kłosa uzyskano w sezonie 2012/2013, mniejszą w odniesieniu do lat 2011/2012 i 2013/2014 odpowiednio o 21,5% i 27%.

Istotny wpływ na obsadę kłosów i masę ziaren z kłosa wywarła także technologia produkcji. W miarę intensyfikacji produkcji następował wzrost wartości powyższych cech. W technologii wysokonakładowej (A₂) obsada kłosów była wyższa w porównaniu do niskonakładowej (A₁) o 12,3%, a masa ziarna z kłosa większa o 11,6%.

Odsada kłosów na 1 m² oraz masa ziaren z kłosa zależały także od czynnika odmianowego. Rośliny odmiany Borowik wykazała się największą masą ziarna z kłosa, istotnie większą w porównaniu do odmian Baltiko, Agostino, Alekto i Elpaso, od 26,5% (Elpaso) do 29,6% (Alekto). Rośliny odmiany Borowik charakteryzowały się jednak istotnie mniejszą obsadą kłosów na 1m² od Baltiko (o 20,3%), Agostino (o 22,7%) oraz Alekto (o 21,7%). Ponadto odmiana Todan posiadała istotnie mniejszą obsadę kłosów na 1 m² w stosunku do Agostino i Alekto odpowiednio o 21,1 i 20,0%.

Analizowane cechy plonotwórcze kształtowane były również istotnie przez współdziałanie technologii produkcji z odmianą. Średnio za lata badań, w technologii niskonakładowej (A₁) największą masę ziarna z kłosa wykształciły rośliny odmiany Borowik, przewyższając pod tym względem istotnie odmiany Baltiko (o 32,4%), Agostino (o 26,8%), Alekto (o 33%) i Elpaso (o 36,3%). W technologii wysokonakładowej (A₂) uzyskano podobne zależności. Rośliny odmiana Borowik charakteryzowały się istotnie większą masą ziarna z kłosa od Baltiko (o 24,9%), Algoso (o 30%) i Alekto (o 26,6%), a odmiana Algoso przewyższała istotnie pod tym względem odmiany Agostino i Alekto (odpowiednio o 23,2 i 24,8%). Zwiększanie poziomu intensywności technologii produkcji powodowało istotny wzrost masy ziaren z kłosa u roślin pszenżyta ozimego. Zależności takiej nie stwierdzono jedynie u odmian Agostino i Fredro, jednak zarysowała się tendencja do zwiększania masy ziaren z kłosa w technologii o wyższym poziomie nakładów.

Tabela 22. Cechy kształtujące plon ziarna pszenżyta ozimego

Table 22. Yield features of winter triticale

Technologia produkcji <i>Production technology</i> (I)	Odmiana <i>Cultivar</i> (II)	Obsada kłosów <i>Spike density</i> (szt. · m ⁻²)	Masa ziarna z kłosa <i>Grain weight of the spike</i> (g)
Niskonakładowa - <i>Low input</i> (A ₁)		430	1,67
Wysokonakładowa - <i>High input</i> (A ₂)		483	1,87
NIR/LSD _{p=0,05}		29,3	0,11
	Agostino	514	1,61
	Alekto	507	1,60
	Algoso	437	1,94
	Baltiko	498	1,62
	Borowik	397	2,08
	Elpaso	459	1,64
	Fredro	470	1,82
	Maestrozo	422	1,84
	Pizarro	463	1,72
	Todan	405	1,82
	NIR/LSD _{p=0,05}	99,4	0,40
Średnio / <i>Mean</i>		457	1,77
Niskonakładowa <i>Low input</i> (A ₁)	Agostino	476	1,58
	Alekto	481	1,51
	Algoso	402	1,76
	Baltiko	482	1,52
	Borowik	385	2,01
	Elpaso	433	1,47
	Fredro	429	1,77
	Maestrozo	391	1,75
	Pizarro	451	1,62
	Todan	372	1,73
Wysokonakładowa <i>High input</i> (A ₂)	Agostino	551	1,64
	Alekto	533	1,69
	Algoso	471	2,11
	Baltiko	514	1,72
	Borowik	409	2,14
	Elpaso	484	1,81
	Fredro	511	1,88
	Maestrozo	454	1,93
	Pizarro	474	1,82
	Todan	439	1,91
NIR/LSD _{p=0,05}	II / I	n.s.	0,42
	I / II	n.s.	0,14
Lata / <i>Years</i>	2011/2012	491	1,79
	2012/2013	448	1,35
	2013/2014	432	1,88
	NIR/LSD _{α=0,05}	49,1	0,18

6.5.2. Plon ziarna i wybrane cechy fizyczne ziarna

6.5.2.1. Plon ziarna

W trzyletnim okresie badań, plon ziarna pszenżyta ozimego kształtował się na poziomie średnio $7,59 \text{ t ha}^{-1}$ (tab.23).

W przeprowadzonym eksperymencie stwierdzono istotny wpływ warunków pogodowych na plonowanie pszenżyta ozimego. W sezonie wegetacyjnym 2011/2012 plon ziarna wynosił średnio $8,99 \text{ t ha}^{-1}$ i był istotnie wyższy o 49,1% ($2,96 \text{ t ha}^{-1}$) w odniesieniu do plonu z sezonu 2012/2013. Wielkość plonu ziarna zależała również istotnie od poziomu intensywności technologii produkcji, odmiany oraz interakcji czynników doświadczenia.

Zwiększenie poziomu intensywności technologii produkcji wpływało na wzrost plonu ziarna. W technologii wysokonakładowej (A2) plon ziarna był wyższy średnio o 27,5% ($1,83 \text{ t ha}^{-1}$) w stosunku do plonu uzyskanego z technologii niskonakładowej (A1). Różnica w plonowaniu pszenżyta pomiędzy technologiami produkcji na korzyść wysokonakładowej wahała się w latach od $1,25 \text{ t ha}^{-1}$ (o 14,9%) w sezonie wegetacyjnym 2011/2012 do $2,03 \text{ t ha}^{-1}$ (o 40,5%) w sezonie 2012/2013.

Średnio za lata badań, uczestniczące w doświadczeniu odmiany nie różniły się istotnie plonem ziarna. Wykazano jednak istotne zróżnicowanie plonu ziarna pomiędzy odmianami w poszczególnych latach badań. W sezonach wegetacyjnych 2011/2012 i 2012/2013 istotnie najwyższej plonowała odmiana Fredro (odpowiednio $9,79$ i $6,94 \text{ t ha}^{-1}$), natomiast w 2013/2014 istotnie najwyższy plon ziarna wydały odmiany Agostino ($9,24 \text{ t ha}^{-1}$) i Alekto ($9,13 \text{ t ha}^{-1}$). Agostino należała również do odmian o wysokim potencjale plonotwórczym także w latach 2011/2012 i 2012/2013, gdzie ustępowała istotnie pod względem plonu ziarna jedynie odmianie Fredro (odpowiednio o $0,34$ i $0,49 \text{ t ha}^{-1}$). We wszystkich latach badań niskim plonem ziarna charakteryzowała się odmiana Todan, której plon ziarna był niższy w odniesieniu do odmiany najwyższej plonującej od 14,0% w sezonie 2011/2012 (odmiana Fredro) do 31,9% w sezonie 2013/2014 (odmiana Agostino). W sezonie wegetacyjnym 2011/2012 do niskoplonujących zaliczono także odmiany Pizarro i Alekto, w sezonie 2012/2013 odmiany Pizzaro i Elpaso, a w 2013/2014 odmiany Maestrozo i Elpaso.

Tabela 23. Plon ziarna pszenżyta ozimego w latach 2012-2014
 Table 23. Grain yield of winter triticale during 2012-2014 years

Technologia produkcji/ <i>Production Technology (I)</i>	Odmiana/ <i>Cultivar(II)</i>	Plon ziarna/ <i>Grain yield</i> (t·ha ⁻¹)			
		2011/ 2012	2012/ 2013	2013/ 2014	Średnio <i>Mean</i>
Niskonakładowa / <i>Low input</i> (A ₁)		8,36	5,02	6,63	6,67
Wysokonakładowa / <i>High input</i> (A ₂)		9,61	7,05	8,85	8,50
NIR/LSD _{α=0,05}		0,43	0,79	0,58	1,27
	Agostino	9,44	6,45	9,24	8,38
	Alekto	8,48	6,34	9,13	7,98
	Algoso	9,37	6,05	8,08	7,84
	Baltiko	9,09	5,95	7,23	7,42
	Borowik	9,02	5,74	8,40	7,72
	Elpaso	9,14	5,53	6,75	7,14
	Fredro	9,79	6,94	7,65	8,13
	Maestrozo	8,84	6,52	6,79	7,38
	Pizarro	8,26	5,56	7,84	7,22
	Todan	8,42	5,25	6,29	6,65
NIR/LSD _{α=0,05}		0,27	0,37	0,17	n.s.
Średnio / <i>Mean</i>		8,99	6,03	7,74	7,59
NIR/LSD _{α=0,05}		2,13			-

W przeprowadzonym eksperymencie stwierdzono istotne współdziałanie technologii produkcji z odmianą w kształtowaniu plonu ziarna (tab.24). Średnio za lata badań, w technologii wysokonakładowej uczestniczące w doświadczeniu odmiany nie różniły się istotnie plonem ziarna, natomiast w technologii niskonakładowej najwyższą plonującą była odmiana Agostino (średnio 7,80 t ha⁻¹), która pod tym względem przewyższała istotnie odmiany Todan (o 28,9%) i Elpaso (o 24,7%).

W obrębie poszczególnych technologii produkcji badane odmiany różniły się plonem ziarna w kolejnych latach. W technologii niskonakładowej (A₁), w sezonie wegetacyjnym 2011/2012 istotnie najwyższą plonowały odmiany Agostino i Fredro, a w sezonie 2012/2013 również Maestrozo, natomiast w 2013/2014 wyróżniła się pod tym względem odmiana Alekto. W technologii niskonakładowej, we wszystkich latach badań, najniższym plonem ziarna charakteryzowała się odmiana Todan. W technologii wysokonakładowej (A₂), w sezonie wegetacyjnym 2011/2012 istotnie najwyższy plon ziarna wydały odmiany Algoso, Fredro i Elpaso, w sezonie 2012/2013 odmiany Algoso i Fredro, a w sezonie 2013/2014 – Agostino.

Do najniżej plonujących należały odmiany Pizarro (2011/2012), Todan (2012/2013 i 2013/2014) oraz Maestrozo (2013/2014).

Zwiększenie poziomu intensywności technologii produkcji powodowało istotny wzrost wielkości plonu ziarna badanych odmian pszenżyta ozimego. Zależności takiej nie wykazano w okresie badań jedynie w odniesieniu do odmiany Agostino, jednak u tej odmiany zarysowała się tendencja wzrostu plonu ziarna w technologii wysokonakładowej (A_2) w odniesieniu do niskonakładowej (A_1).

Tabela 24. Współdziałanie technologii produkcji i odmiany w kształtowaniu plonu ziarna
Table 24. Interaction between production technology and cultivar in formatting the grain yield

Technologia produkcji/ <i>Production technology</i> (I)	Odmiana/ <i>Cultivar</i> (II)	Plon ziarna/ <i>Grain yield</i> (t·ha ⁻¹)			
		2011/2012	2012/2013	2013/2014	Średnio/ <i>Mean</i>
Niskonakładowa / <i>Low input</i> (A_1)	Agostino	9,24	6,35	7,81	7,80
	Alekto	8,02	5,42	8,44	7,29
	Algoso	8,24	4,06	6,49	6,26
	Baltiko	8,52	4,85	5,97	6,45
	Borowik	8,57	4,97	7,53	7,02
	Elpaso	8,02	4,29	5,30	5,87
	Fredro	9,15	5,96	6,93	7,35
	Maestrozo	8,31	5,49	6,21	6,67
	Pizarro	8,11	4,56	6,62	6,43
	Todan	7,39	4,25	4,99	5,54
Wysokonakładowa/ <i>High input</i> (A_2)	Agostino	9,64	6,55	10,67	8,96
	Alekto	8,94	7,26	9,83	8,68
	Algoso	10,5	8,05	9,67	9,41
	Baltiko	9,66	7,05	8,48	8,40
	Borowik	9,48	6,52	9,27	8,42
	Elpaso	10,27	6,78	8,20	8,42
	Fredro	10,43	7,92	8,37	8,91
	Maestrozo	9,37	7,54	7,37	8,09
	Pizarro	8,40	6,55	9,06	8,00
	Todan	9,45	6,25	7,59	7,76
NIR/LSD $_{\alpha=0,05}$	II / I	0,37	0,53	0,28	1,87
	I / II	0,34	0,61	0,45	1,31

6.5.2.2. Wybrane cechy fizyczne ziarna

Masa 1000 ziaren pszenżyta ozimego była istotnie modyfikowana przez przebieg warunków pogodowych w latach badań, poziom intensywności technologii produkcji oraz czynnik odmianowy, nie wykazano natomiast istotnych zależności interakcyjnych czynników doświadczenia (tab.25). Najniższą masę 1000 ziaren uzyskano w sezonie wegetacyjnym 2012/2013, istotnie niższą o 15,7% w stosunku do masy 1000 ziarniaków uzyskanej w sezonie 2011/2012 i o 15,2% w sezonie 2013/2014.

U wszystkich badanych odmian wzrost poziomu intensywności technologii produkcji skutkował zwiększeniem dorodności ziarna wyrażonej masą 1000 ziarniaków. W technologii wysokonakładowej średnia masa 1000 ziarniaków była istotnie większa o 2,9 g w porównaniu do uzyskanej z technologii niskonakładowej. Spośród odmian najbardziej dorodnym ziarnem wyróżniła się Borowik której masa 1000 ziaren była istotnie wyższa w odniesieniu do odmian Elpaso, Baltiko i Alekto (odpowiednio o 14,3 g, 10,8 g i 9,1 g), zaś najmniej dorodne ziarno wydała odmiana Elpaso. Masa 1000 ziaren odmiany Elpaso była istotnie niższa w porównaniu do masy odmian Borowik, Todan, Algos, Agostino, Fredro i Pizarro, w zakresie od 14,3 g (Borowik) do 7,49 g (Pizarro).

Gęstość ziarna w stanie zsylnym była istotnie modyfikowana przez warunki pogodowe w latach badań, technologię produkcji oraz czynnik odmianowy. W sezonie wegetacyjnym 2013/2014 wartość tej cechy fizycznej ziarna była istotnie wyższa o 1,5 kg·hl⁻¹ w stosunku do gęstości ziarna z sezonu 2012/2013. Stwierdzono, iż wzrost poziomu intensywności produkcji skutkuje zwiększeniem gęstości ziarna w stanie zsylnym. W technologii wysokonakładowej była ona istotnie wyższa o 1,6 kg·hl⁻¹ w porównaniu do technologii niskonakładowej. Spośród odmian wysokimi wartościami gęstości ziarna w stanie zsylnym charakteryzowały się odmiany Fredro, Agostino i Alekto, które pod tym względem istotnie przewyższały odmianę Algos. Odmiany Fredro i Agostino charakteryzowały się także istotnie większą gęstością ziarna w stanie zsylnym w odniesieniu do odmiany Maestro.

Tabela 25. Masa 1000 ziaren i gęstość ziarna w stanie zsypanym
Table 25. 1000 grains weight and test weight

Odmiana <i>Cultivar</i> (II)		Masa 1000 ziaren/ <i>1000 grains weight</i> (g)		Gęstość ziarna w stanie zsypanym/ <i>Test weight</i> (kg·hl ⁻¹)		
		Technologia produkcji <i>Production technology</i> (I)		Średnio <i>Mean</i>	Technologia produkcji <i>Production technology</i> (I)	
		A1	A2		A1	A2
Agostino		40,8	42,3	41,5	68,1	69,6
Aleкто		37,3	40,7	39,0	67,0	69,1
Algoso		41,0	45,2	43,1	62,6	65,2
Baltiko		35,3	39,2	37,3	66,0	67,2
Borowik		46,4	49,7	48,1	65,3	66,1
Elpaso		32,9	34,7	33,8	64,8	67,6
Fredro		40,3	42,7	41,5	68,5	69,4
Maestrozo		39,4	42,5	40,9	64,3	65,8
Pizarro		40,8	41,7	41,3	65,4	67,2
Todan		41,8	46,2	44,0	64,9	66,3
Średnio / <i>Mean</i>		39,6	42,5	41,0	65,7	67,3
NIR/LSD _{α=0,05}		I – 1,59, II – 7,43, II/I – n.s., I/II – n.s.		I – 0,81, II – 3,53, II/I – n.s., I/II – n.s.		
Lata/Years	2011/2012	43,4		66,9		
	2012/2013	36,6		65,6		
	2013/2014	43,2		67,1		
	NIR/LSD _{α=0,05}	2,67		1,36		

Analizując strukturę plonu ziarna pszenżyta ozimego, w 3-letnim okresie badań stwierdzono istotne zróżnicowanie frakcji ziarna przez czynnik odmianowy oraz przebieg warunków pogodowych w poszczególnych latach, jak też istotne zależności interakcyjne czynników doświadczenia (tab.26). Nie wykazano natomiast istotnego wpływu technologii produkcji na kształtowanie udziału poszczególnych frakcji ziarna w plonie.

Bez względu na technologię produkcji, ziarno odmian Baltiko i Elpaso charakteryzowało się istotnie większym udziałem w całkowitym plonie ziarna frakcji poniżej 2,2 mm i 2,2mm w porównaniu z odmianami Agostino, Fredro i Aleкто. Istotnie najwięcej ziarna o średnicy 2,2 mm posiadała odmiana Elpaso. Odmiana Baltiko posiadała istotnie więcej ziarniaków o średnicy 2,2 mm niż odmiany Agostino, Todan i Borowik, a Maestrozo przewyższało pod tym względem odmiany Todan i Borowik. Dla ziarna pozostałego na sicie o średnicy oczek 2,2 mm wykazano także interakcję odmiany z technologią. W technologii niskonakładowej (A₁) najwięcej ziarna tej frakcji miały odmiany Elpaso, Baltiko i Maestrozo. Odmiana Elpaso posiadała ich istotnie więcej niż Agostino, Todan, Pizarro, Borowik, Fredro,

Algoso i Alekto, odmiana Baltiko przewyższała pod tym względem Agostino, Todan, Pizarro, Borowik i Algoso, a odmiana Maestrozo przewyższała frakcją ziarna 2,2 mm odmiany Todan, Pizarro i Borowik. Z kolei w technologii wysokonakładowej (A_2) odmiana Elpaso posiadała istotnie najwięcej ziarna tej grubości. Zwiększanie poziomu intensywności technologii produkcji powodowało istotny spadek udziału w plonie ziarna frakcji 2,2 mm tylko u odmiany Baltiko. U pozostałych odmian w miarę zwiększania poziomu nakładów na produkcję udział frakcji ziarna 2,2 mm malał, ale nie zostało to statystycznie udowodnione.

Odmiany Alekto, Maestrozo i Elpaso odznaczały się istotnie wyższym udziałem w plonie, ziarna o średnicy 2,5 mm, przewyższając pod tym względem odmiany Todan i Borowik. W poszczególnych technologiach produkcji badane odmiany różniły się istotnie udziałem ziarna tej grubości. W technologii nisko- jak i wysokonakładowej większym udziałem ziarna tej frakcji wyróżniły się odmiany Alekto, Maestrozo i Elpaso. W technologii niskonakładowej (A_1) odmiana Alekto posiadała w plonie istotnie więcej ziarna o średnicy 2,5 mm w odniesieniu do odmian Todan i Borowik, odmiana Maestrozo przewyższała pod tym względem odmianę Borowik, a odmiana Elpaso – Todan i Borowik. Z kolei w technologii wysokonakładowej (A_2) odmiana Maestrozo posiadała istotnie więcej ziarna o grubości 2,5 mm od odmian Todan i Borowik, odmiana Alekto istotnie więcej od Borowik, a Elpaso - od Todan, Borowik i Algoso.

Największym udziałem w plonie ziarna najdorodniejszego o średnicy $>2,8$ mm wyróżniły się odmiany Borowik i Todan, istotnie większym niż u odmian Baltiko, Maestrozo i Elpaso. Odmianą wyróżniającą się pod tym względem była również Algoso, która posiadała ziaren $>2,8$ mm istotnie więcej niż odmiany Baltiko i Elpaso. Istotnie najmniej ziarna w plonie tej frakcji stwierdzono u odmiany Elpaso.

Warunki pogodowe w latach badań wpływały znacząco na strukturę plonu ziarna pszenżyta ozimego. W sezonie wegetacyjnym 2013/2014 badane odmiany charakteryzowały się istotnie mniejszym udziałem w całkowitym plonie, ziarna frakcji 2,2 mm w porównaniu do ziarna z sezonu 2012/2013, a frakcji 2,5 mm także w odniesieniu do ziarna z sezonu 2011/2012. Z kolei istotnie najwięcej ziarna o średnicy $<2,2$ mm a najmniej o średnicy $>2,8$ mm uzyskano w sezonie 2012/2013.

Celność ziarna (udział ziarna o grubości $>2,5$ mm) była istotnie modyfikowana tylko przez warunki pogodowe w latach badań i czynnik odmianowy. W sezonie wegetacyjnym 2012/2013 wartość tej cechy fizycznej ziarna była istotnie niższa w porównaniu do ziarna z sezonu 2011/2012 i 2013/2014 odpowiednio o 19% i 21,8%. Małą celnością ziarna

charakteryzowały się odmiany Baltiko i Elpaso. Celność ziarna odmiany Elpaso była istotnie najmniejsza i była niższa o 10,5% u odmiany Maestrozo i o 19,4% u odmiany Agostino. U odmiany Baltiko wartość omawianej cechy była istotnie niższa od celności ziarna odmian Agostino, Todan, Pizarro, Borowik, Algoso i Alekto, od 9,3% (Pizarro) do 13% (Agostino).

Tabela 26. Udział frakcji ziarna w plonie i celność ziarna
Table 26. Share of grain of coarsenes in grain and grain accuracy

Odmiana Cultivar (II)		Frakcje ziarna o grubości / <i>Share of grain of coarseness</i>											Celność ziarna <i>Grain accuracy</i>			
		< 2,2 mm			2,2 mm			2,5 mm			2,8mm					
		Technologia produkcji <i>Production technology</i> (I)		Średnio <i>Mean</i>	Technologia produkcji <i>Production technology</i> (I)		Średnio <i>Mean</i>	Technologia produkcji <i>Production technology</i> (I)		Średnio <i>Mean</i>	Technologia produkcji <i>Production technology</i> (I)		Średnio <i>Mean</i>	Technologia produkcji <i>Production technology</i> (I)		Średnio <i>Mean</i>
		A1	A2		A1	A2		A1	A2		A1	A2		A1	A2	
		%														
Agostino		5,92	4,60	5,26	10,8	7,09	8,95	28,0	28,2	28,1	55,2	59,3	57,2	83,3	88,1	85,7
Aleкто		7,55	4,94	6,24	12,8	9,30	11,00	34,7	31,8	33,3	44,9	54,1	49,5	79,7	85,8	82,7
Algoso		7,90	5,36	6,63	11,3	8,30	9,79	25,0	24,4	24,7	55,9	61,8	58,9	80,9	86,3	83,6
Baltiko		12,2	9,64	10,9	19,3	13,6	16,4	31,9	29,9	30,9	36,2	47,1	41,7	68,5	77,0	72,7
Borowik		7,74	8,44	8,09	7,96	7,61	7,78	20,1	18,1	19,1	64,2	65,5	64,8	84,3	84,0	84,1
Elpaso		13,00	8,85	10,9	24,8	20,7	22,80	35,1	37,4	36,2	26,7	31,9	29,3	62,2	70,4	66,3
Fredro		6,46	6,39	6,42	14,5	11,8	13,10	31,4	29,4	30,4	47,6	52,4	50,0	79,1	81,8	80,4
Maestrozo		9,26	6,08	7,67	17,6	13,6	15,60	32,7	34,6	33,7	39,7	45,8	42,8	73,3	80,4	76,8
Pizarro		8,33	7,86	8,10	9,95	9,67	9,81	25,6	25,3	25,4	56,3	57,3	56,8	81,7	82,5	82,1
Todan		8,48	6,38	7,43	9,75	6,88	8,32	22,1	19,5	20,8	59,8	67,0	63,4	81,8	86,7	84,3
Średnio / <i>Mean</i>		8,68	6,85	7,77	13,9	10,9	12,40	28,7	27,9	28,3	48,7	54,2	51,4	77,5	82,3	79,9
NIR/LSD _{α=0,05}		I – n.s., II –4,45, II/I –n.s., I/II –n.s.			I – n.s., II –7,08 , II/I –7,57., I/II – 5,88.			I – n.s., II –12,7, II/I – 12,4., I/II -4,46.			I – n.s., II –16,8, II/I – n.s., I/II – n.s.			I – n.s., II –9,15, II/I – n.s., I/II – n.s.		
Lata/ Years	2011/2012	4,53			9,65			30,6			55,0			85,84		
	2012/2013	14,94			19,10			31,0			34,8			66,01		
	2013/2014	3,84			8,38			23,2			64,6			87,79		
	NIR/LSD _{α=0,05}	7,69			9,69			7,27			11,8			17,43		

6.5.3. Plon słomy

W trzyletnim okresie badań, plon słomy pszenżyta ozimego kształtował się na poziomie średnio $6,98 \text{ t ha}^{-1}$ i był istotnie modyfikowany przez technologię produkcji i czynnik odmianowy (tab.27).

Stwierdzono istotny wpływ warunków pogodowych na wielkość plonu słomy pszenżyta ozimego. Istotnie najniższy plon słomy uzyskano w sezonie wegetacyjnym 2012/2012 i był on istotnie niższy o 28,5% (o $2,27 \text{ t ha}^{-1}$) niż pochodzący z sezonu 2011/2012 i o 21,5% ($1,56 \text{ t ha}^{-1}$) z sezonu 2013/2014.

Zwiększenie intensywności technologii produkcji wpłynęło na wzrost plonu słomy. W technologii wysokonakładowej (A_2) plon ten był wyższy średnio o 11,5% (o $0,76 \text{ t ha}^{-1}$) niż w technologii niskonakładowej (A_1). Różnica w wielkości plonu słomy pszenżyta pomiędzy technologiami produkcji na korzyść wysokonakładowej wahała się w latach, od $0,53 \text{ t ha}^{-1}$ (o 6,9%) w sezonie wegetacyjnym 2011/2012 do $1,06 \text{ t ha}^{-1}$ (o 20,6%) w sezonie 2012/2013.

Średnio za lata badań, odmiana Fredro wyróżniła się istotnie wyższym o 32,5% plonem słomy w porównaniu do odmiany Alekto. Wykazano także istotne zróżnicowanie plonu słomy pomiędzy odmianami w poszczególnych latach badań. W sezonie wegetacyjnym 2011/2012 istotnie najwyższym plonem słomy wyróżniała się odmiana Borowik ($9,11 \text{ t ha}^{-1}$), której pod tym względem nie ustępowały tylko odmiany Todan, Pizarro, Fredro i Maestrozo. Z kolei w latach 2012/2013 i 2013/2014 najwyższy plon słomy wydała odmiana Fredro (odpowiednio $6,96$ i $8,91 \text{ t ha}^{-1}$), której nie ustępowały jedynie odmiany Pizarro i Maestrozo w 2012/2013, oraz Pizarro i Borowik w 2013/2014. Do odmian o wysokim plonie słomy we wszystkich sezonach wegetacyjnych należała również odmiana Pizarro, natomiast Maestrozo wydała wysoki plon słomy w sezonach 2011/2012 oraz 2012/2013. W sezonie wegetacyjnym 2011/2012 wysokiego plonu słomy dostarczyła także odmiana Todan ($8,76 \text{ t ha}^{-1}$). We wszystkich latach badań niskim plonem słomy charakteryzowała się odmiana Alekto, i był on niższy w stosunku do plonu odmiany najwyżej plonującej od 22,3% (odmiana Borowik w sezonie 2011/2012 do 29,1% (odmiana Fredro w sezonie 2013/2014). W sezonie 2011/2012 niskim plonem słomy charakteryzowały się także odmiany Algozo, Baltiko i Agostino, w sezonie 2012/2013 - odmiana Algozo, a w 2013/2014 - Baltiko i Elpaso.

Tabela 27. Plon słomy pszenżyta ozimego w latach 2012-2014
Table 27. Straw yield of winter triticale during 2012-2014 years

Technologia produkcji/ <i>Production Technology (I)</i>	Odmiana/ <i>Cultivar(II)</i>	Plon słomy - <i>Straw yield</i> (t·ha ⁻¹)			
		2011/2012	2012/2013	2013/2014	Średnio <i>Mean</i>
Niskonakładowa / <i>Low input</i> (A ₁)		7,71	5,17	6,92	6,60
Wysokonakładowa/ <i>High input</i> (A ₂)		8,24	6,23	7,60	7,36
NIR/LSD _{α=0,05}		0,16	n.s.	0,30	0,68
	Agostino	7,01	5,63	6,74	6,46
	Alekto	7,07	4,95	6,32	6,12
	Algoso	6,95	4,78	7,84	6,52
	Baltiko	7,07	5,56	6,12	6,25
	Borowik	9,11	5,76	8,71	7,86
	Elpaso	8,05	5,33	6,17	6,52
	Fredro	8,46	6,96	8,91	8,11
	Maestrozo	8,66	6,38	6,44	7,16
	Pizarro	8,59	6,31	8,43	7,78
	Todan	8,76	5,34	6,94	7,01
	NIR/LSD _{α=0,05}	0,98	0,83	0,86	1,90
Średnio / <i>Mean</i>		7,97	5,70	7,26	6,98
NIR/LSD _{α=0,05}		1,15			-

Średnio za lata badań nie stwierdzono istotnej interakcji technologii produkcji z odmianą, w kształtowaniu plonu słomy, współdziałanie takie wykazano jednak w dwóch z trzech analizowanych lat badań (tab.28).

W sezonie wegetacyjnym 2011/2012 w technologii niskonakładowej (A₁) odmianami o niskim plonie słomy były Baltiko, Agostino i Algoso które pod tym względem ustępowały istotnie odmianom Todan, Pizarro, Borowik, Fredro i Maestrozo, a Algoso dodatkowo odmianie Elpaso. W technologii wysokonakładowej (A₂) najniżej plonującą była odmiana Alekto (7,06 t ha⁻¹), u której plon słomy był istotnie niższy od odmian: Todan, Pizarro, Borowik, Maestrozo i Elpaso. Istotnie wyższy plon słomy w tej technologii wydała odmiana Borowik w stosunku do odmian Baltiko, Agostino, Fredro, Algoso i Alekto.

W sezonie 2012/2013 w technologii niskonakładowej (A₁) istotnie najwyższy plon słomy wydała odmiana Fredro. Odmiana Maestrozo odznaczała się również istotnie wyższym plonem słomy niż Borowik, Algoso, Alekto oraz Elpaso. Z kolei w technologii wysokonakładowej (A₂) istotnie najwyższy plon słomy wydały odmiany Pizarro i Fredro w stosunku do Baltiko, Agostion, Todan, Algoso, Alekto i Elpaso, przy czym odmiana Pizarro plonowała wyżej od 23% (Agostino) do 52,5% (Algoso), a Fredro od 21% (Agostion) do 50%

(Algoso). Istotnie wyższy plon słomy w stosunku do Todan, Algoso i Alekto wydała odmiana Borowik (6,89 t ha⁻¹).

Zwiększenie poziomu intensywności technologii produkcji powodowało istotny wzrost wielkości plonu słomy badanych odmian pszenżyta ozimego jedynie w sezonie wegetacyjnym 2011/2012 i 2012/2013. Zależność taką wykazano dla odmian Pizarro, Borowik i Elpaso, a w sezonie wegetacyjnym 2011/2012 również dla odmian Baltiko, Fredro i Algoso.

Tabela 28. Współdziałanie technologii produkcji i odmiany w kształtowaniu plonu słomy

Table 28. Interaction between production technology and cultivar in formatting the straw yield

Technologia produkcji/ <i>Production technology</i> (I)	Odmiana/ <i>Cultivar</i> (II)	Plon słomy / <i>Straw yield</i> (t·ha ⁻¹)			
		2011/2012	2012/2013	2013/2014	Średnio/ <i>Mean</i>
Niskonakładowa / <i>Low input</i> (A ₁)	Agostino	6,84	5,14	6,66	6,21
	Alekto	7,09	4,75	6,28	6,04
	Algoso	6,14	4,62	7,37	6,04
	Baltiko	6,55	5,10	5,64	5,76
	Borowik	8,71	4,62	8,89	7,41
	Elpaso	7,52	4,58	5,75	5,95
	Fredro	8,77	6,53	8,23	7,84
	Maestrozo	8,68	6,20	6,40	7,09
	Pizarro	8,17	5,11	7,78	7,02
	Todan	8,61	5,02	6,24	6,62
Wysokonakładowa/ <i>High input</i> (A ₂)	Agostino	7,19	6,11	6,82	6,71
	Alekto	7,06	5,16	6,37	6,20
	Algoso	7,76	4,93	8,31	7,00
	Baltiko	7,58	6,02	6,59	6,73
	Borowik	9,51	6,89	8,52	8,31
	Elpaso	8,57	6,08	6,59	7,08
	Fredro	8,16	7,40	9,60	8,39
	Maestrozo	8,63	6,55	6,48	7,22
	Pizarro	9,02	7,52	9,09	8,54
	Todan	8,91	5,66	7,64	7,40
NIR/LSD _{α=0,05}	II / I	1,11	1,24	n.s.	n.s.
	I / II	0,40	1,45	n.s.	n.s.

6.6. Zależności korelacyjne pomiędzy plonem a wybranymi cechami morfologicznymi i fizjologicznymi roślin

Na podstawie przeprowadzonej analizy korelacji prostych w obu technologiach produkcji wykazano istotne dodatnie zależności pomiędzy plonem ziarna a masą ziaren z kłosa, masą 1000 ziaren, długością kłosa, obsadą kłosów na 1m^2 i plonem słomy (tab. 29, 29a). Zwiększaniu liczby ziaren z kłosa towarzyszył spadek plonu, a także dorodności ziaren wyrażonej masą ich 1000 sztuk, lecz zależność ta była istotna tylko w technologii wysokonakładowej (A_2). Obserwowano także ujemne zależności pomiędzy obsadą kłosów na 1m^2 a wysokością roślin oraz liczbą i masą ziaren z kłosa.

W przeprowadzonym eksperymencie, we wszystkich analizowanych fazach rozwojowych roślin, w technologii niskonakładowej (A_1) stwierdzono istotną dodatnią zależność korelacyjną pomiędzy plonem i wszystkimi analizowanymi parametrami fluorescencji chlorofilu (za wyjątkiem F_v/F_0 w fazie BBCH 32), natomiast w technologii wysokonakładowej (A_2) zależność taką wykazano jedynie dla parametru F_v/F_0 , a dla wskaźnika F_v/F_m - tylko w fazie BBCH 73.

W obydwu technologiach produkcji, we wszystkich analizowanych fazach rozwojowych roślin wykazano silną ujemną zależność pomiędzy obsadą kłosów na 1m^2 a zawartością chlorofilu, natomiast zależność pomiędzy zawartością chlorofilu a , a plonem była istotnie dodatnio skorelowana tylko w fazie strzelania w źdźbło (BBCH 32).

Zarówno w technologii nisko- jak i wysokonakładowej plon ziarna był natomiast wysoce ujemnie skorelowany z parametrem LAI mierzonym w fazie strzelania w źdźbło i kłoszenia, natomiast w fazie dojrzałości mleczej zależności takiej nie wykazano. Wystąpiła również ujemna korelacja pomiędzy indeksem LAI i obsadą kłosów, oraz zawartością chlorofilu a w liściu flagowym.

Dodatnią zależność wykazano pomiędzy plonem a aktywnością fotosyntezy (P_n), szczególnie silną w technologii wysokonakładowej (A_2) oraz dodatnią korelację pomiędzy plonem a przewodnictwem szparkowym (G_s), jak też dodatnią zależność pomiędzy aktywnością fotosyntezy (P_n) a ewaporacją (E) i przewodnictwem szparkowym (G_s).

Bardzo silną dodatnią korelację, w obydwu technologiach produkcji, zanotowano pomiędzy aktywnością fotosyntezy (P_n) a wskaźnikiem funkcjonowania PS II (PI), zaś w fazie dojrzałości mleczej (BBCH 73) także pomiędzy wskaźnikiem funkcjonowania PSII (F_v/F_m). Z kolei efektywność rozkładu wody (F_v/F_0) była dodatnio skorelowana z aktywnością fotosyntezy (P_n), za wyjątkiem fazy BBCH 51-54 w technologii niskonakładowej (A_1).

Plon słomy był istotnie dodatnio skorelowany z wysokością roślin, długością kłosa, masą ziaren z kłosa i masą 1000 ziaren. W technologii niskonakładowej (A_1) zależał także dodatnio od aktywności fotosyntezy (P_n) mierzonej w fazach BBCH 51-54 i BBCH 73, a w technologii wysokonakładowej (A_2) mierzonej w fazach BBCH 32 i BBCH 73.

Tabela 29. Tabela korelacji prostych – technologia niskonakładowa (A₁) / Table of simple correlation –Low-input technology (A₁)

Technologia niskonakładowa (A ₁)	Płon ziarna	Wysokość roślin	Długość kłosa	Liczba ziaren w kłosie	Masa ziaren z kłosa	Masa 1000 ziaren	Obsada kłosów	Płon słomy	Zawartość chlorofilu a			FV/FM			Fv/F0			PI 1			WUE1			LAI			MTA			Pn			E			Gs			Ci																																																																																																																																																																																																																																											
									BBCH 32	BBCH 51-54	BBCH 73	BBCH 32	BBCH 51-54	BBCH 73	BBCH 32	BBCH 51-54	BBCH 73	BBCH 32	BBCH 51-54	BBCH 73	BBCH 32	BBCH 51-54	BBCH 73	BBCH 32	BBCH 51-54	BBCH 73	BBCH 32	BBCH 51-54	BBCH 73	BBCH 32	BBCH 51-54	BBCH 73	BBCH 32	BBCH 51-54	BBCH 73	BBCH 32	BBCH 51-54	BBCH 73	BBCH 32	BBCH 51-54	BBCH 73																																																																																																																																																																																																																																									
Płon ziarna	1		0,441		0,523	0,592	0,415	0,737	0,375			0,273	0,318	0,341		0,373	0,295	0,365	0,289	0,296				-0,473	-0,525				0,273	0,405	0,748				0,749	0,434	0,267	0,626	-0,562	-0,505	-0,800																																																																																																																																																																																																																																									
Wysokość roślin		1	0,446		0,448	0,387	-0,397	0,345	-0,444	-0,392	-0,455								-0,290	-0,310																																																																																																																																																																																																																																																														
Długość kłosa			1		0,505	0,597		0,539			-0,315																																																																																																																																																																																																																																																																							
Liczba ziaren w kłosie				1			-0,399																																																																																																																																																																																																																																																																											
Masa ziaren z kłosa					1	0,833	-0,365	0,715		-0,303	-0,300										0,283																																																																																																																																																																																																																																																													
Masa 1000 ziaren						1		0,695		-0,313	-0,382										0,325								0,312	0,389				0,332	0,383	0,284	0,286																																																																																																																																																																																																																																													
Obsada kłosów							1		-0,536	-0,302	-0,249	0,377	0,291	0,324		0,281			0,293				-0,345	-0,410	-0,580	-0,481	0,381	0,330	0,309				0,352	0,445	0,363	0,299	0,403	-0,472	-0,424	-0,420																																																																																																																																																																																																																																										
Płon słomy								1													0,257	0,318	0,281						0,283	0,467					0,263																																																																																																																																																																																																																																															
Zawartość chlorofilu a	BBCH 32								1	0,694	0,631		0,296			0,377		0,260	0,309	0,298				-0,528	-0,591	-0,518	0,395	0,503	0,292				0,234	0,467		0,371	0,282	-0,429	-0,278	-0,426																																																																																																																																																																																																																																										
	BBCH 51-54									1	0,543			0,273		0,323		0,276	0,286				-0,491	-0,490	-0,607	0,431	0,382	0,389				0,256		0,323		0,379	0,354	-0,408		-0,357																																																																																																																																																																																																																																										
	BBCH 73										1						0,358	0,345	0,272				-0,360	-0,350	-0,290	0,382	0,343					0,399			0,374		-0,267																																																																																																																																																																																																																																													
FV/FM	BBCH 32											1	0,306		0,457		0,466	0,515	0,451		0,337	0,283				0,258	0,268		0,562	0,688	0,613	0,403	0,324	0,454	0,511	0,464	0,755	-0,418	-0,588	-0,685																																																																																																																																																																																																																																										
	BBCH 51-54												1			0,335		0,390	0,290			0,460	-0,306		-0,315					0,540				0,260	0,760	-0,357	-0,286	-0,501																																																																																																																																																																																																																																												
	BBCH 73													1	0,413	0,482	0,526	0,369	0,304	0,411			0,597			-0,356		0,320			0,682		0,268		0,409		0,305	-0,380		-0,484																																																																																																																																																																																																																																										
Fv/F0	BBCH 32																													0,430	0,380	0,850	0,254		0,669	0,431	0,471	0,526	-0,415	-0,349	-0,762																																																																																																																																																																																																																																									
	BBCH 51-54																1	0,412	0,491	0,443	0,474				-0,260	-0,345			0,357		0,419	0,341				0,383	0,363			-0,277																																																																																																																																																																																																																																										
	BBCH 73																	1	0,285	0,282	0,301			0,515						0,262		0,483									-0,265																																																																																																																																																																																																																																									
PI 1	BBCH 32																													0,433	0,546	0,667	0,347	0,277	0,634	0,437	0,468	0,350	-0,331	-0,366	-0,763																																																																																																																																																																																																																																									
	BBCH 51-54																													0,497	0,390	0,293	0,310			0,327	0,569	0,343	-0,401	-0,405	-0,332																																																																																																																																																																																																																																									
	BBCH 73																														0,703	0,437	0,750			0,333		0,598	0,400	-0,429	-0,304	-0,422																																																																																																																																																																																																																																								
WUE1	BBCH 32																				1	0,426		0,268						0,469			-0,649									0,194																																																																																																																																																																																																																																								
	BBCH 51-54																					1	0,701	0,258	0,314	0,461			-0,528	0,437	0,568	0,684		-0,458							-0,332																																																																																																																																																																																																																																									
	BBCH 73																						1		0,553				-0,470	0,574	0,363	0,637	0,302	-0,509	-0,301																																																																																																																																																																																																																																															
LAI	BBCH 32																							1	0,676	0,421	-0,398	-0,261	-0,404										-0,334	0,377																																																																																																																																																																																																																																										
	BBCH 51-54																								1	0,458		-0,259	-0,374			0,343							0,314	0,293																																																																																																																																																																																																																																										
	BBCH 73																									1							0,262				-0,502		-0,347	-0,633	0,489	0,299	0,401																																																																																																																																																																																																																																							
MTA	BBCH 32																										1	0,586						0,339	0,318		0,289		-0,340	-0,374																																																																																																																																																																																																																																										
	BBCH 51-54																											1							0,625		0,330	0,395		-0,317	-0,583																																																																																																																																																																																																																																									
	BBCH 73																													1												-0,279																																																																																																																																																																																																																																								
Pn	BBCH 32																														1	0,621	0,681	0,261		0,229	0,271	0,570		-0,292	-0,288	-0,355																																																																																																																																																																																																																																								
	BBCH 51-54																														1	0,782	0,356	0,405		0,557	0,559	0,458	0,697		-0,457	-0,802																																																																																																																																																																																																																																								
	BBCH 73																															1	0,459				0,542	0,653	0,691	0,428	-0,633	-0,384	-0,776																																																																																																																																																																																																																																							
E	BBCH 32																															1	0,392					0,450	0,351	0,574		-0,400	-0,613																																																																																																																																																																																																																																							
	BBCH 51-54																																1			0,653	0,404	0,336			-0,383	-0,441																																																																																																																																																																																																																																								
	BBCH 73																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Gs	BBCH 32																																																																																																																																																																																																																																																																																	
	BBCH 51-54																																																																																																																																																																																																																																																																																	
	BBCH 73																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Ci	BBCH 32																																																																																																																																																																																																																																																																																	
	BBCH 51-54																																																																																																																																																																																																																																																																																	
	BBCH 73																																																																																																																																																																																																																																																																																	

Tabela 29a. Tabela korelacji prostych – Technologia wysokonakładowa (A₂)/ Table of simple correlation- High-input technology (A₂)

Technologia wysokonakładowa (A2)	Płon ziarna	Wysokość roślin	Długość kłosa	Liczba ziaren w kłosie	Masa ziaren z kłosa	Masa 1000 ziaren	Obsada kłosów	Płon słomy	Zawartość chlorofilu a			FV/FM			Fv/F0			PI 1			WUE1			LAI			MTA			Pn			E			Gs			CI					
									BBCH 32	BBCH 51-54	BBCH 73	BBCH 32	BBCH 51-54	BBCH 73	BBCH 32	BBCH 51-54	BBCH 73	BBCH 32	BBCH 51-54	BBCH 73	BBCH 32	BBCH 51-54	BBCH 73	BBCH 32	BBCH 51-54	BBCH 73	BBCH 32	BBCH 51-54	BBCH 73	BBCH 32	BBCH 51-54	BBCH 73	BBCH 32	BBCH 51-54	BBCH 73	BBCH 32	BBCH 51-54	BBCH 73	BBCH 32	BBCH 51-54	BBCH 73			
Płon ziarna	1		0,284	-0,327	0,556	0,486	0,526	0,513	0,305					0,344	0,318	0,320	0,441							-0,311	-0,368				0,645	0,490	0,668			0,693		0,293	0,668		-0,306	-0,731				
Wysokość roślin		1			0,313	0,294	-0,270	0,435													0,262						-0,286										-0,303							
Długość kłosa			1		0,441	0,489		0,429													0,256														-0,390	-0,319								
Liczba ziaren w kłosie				1		-0,440	-0,379																					0,325					0,277											
Masa ziaren z kłosa					1	0,711	-0,376	0,525													0,379	0,289																						
Masa 1000 ziaren						1		0,556		-0,268	-0,388																0,258	0,319	0,395	0,386	0,483	0,319	0,411	0,499		0,290								
Obsada kłosów							1		-0,528	-0,466	-0,411		0,313	0,319	0,274	0,381	0,353	0,319	0,365					-0,461	-0,493	-0,480	0,287	0,387	0,364	0,286	0,308	0,271	0,366	0,332	0,446	0,399	0,269	0,550	-0,508	-0,470	-0,496			
Płon słomy								1												0,337	0,283	0,469							0,308		0,339													
Zawartość chlorofilu a	BBCH 32								1	0,601	0,608							0,344	0,321	0,276				-0,528	-0,446	-0,549	-0,403		0,257	0,487				0,606		0,256	0,380	-0,400	-0,329	-0,359				
	BBCH 51-54									1	0,718			0,257										-0,606	-0,504	-0,557	0,352	0,264	0,413						0,279			-0,422	-0,254	-0,291				
	BBCH 73											1	0,241							0,277				-0,432	-0,367	-0,576			0,463					0,519	0,338		0,347	-0,423	-0,325	-0,423				
FV/FM	BBCH 32											1	0,358	0,304	0,398	0,369	0,275	0,478	0,408	0,372								0,319		0,335	0,504	0,744	0,376	0,291	0,577		0,312	0,844	-0,380	-0,489	-0,824			
	BBCH 51-54												1	0,334		0,374		0,471	0,382											0,258	0,371	0,469	0,533	0,339	0,285		0,329	-0,256	-0,324	-0,533				
	BBCH 73													1	0,373	0,344	0,523	0,448	0,323	0,323									0,286	0,340	0,399			0,276	0,426		0,263			-0,359				
Fv/F0	BBCH 32														1	0,502	0,349	0,403	0,487	0,411		0,320							0,448	0,551	0,660			0,508	0,305	0,280	0,579	-0,270	-0,327	-0,600				
	BBCH 51-54															1	0,451	0,500	0,477	0,354									0,336	0,482	0,373	0,312	0,253	0,519	0,350	0,353	0,610	-0,306	-0,306	-0,605				
	BBCH 73																1	0,286	0,354	0,276									0,422	0,511	0,566			0,475	0,301		0,526	-0,368	-0,315	-0,651				
PI 1	BBCH 32																	1	0,565	0,413									0,308	0,454	0,696	0,384	0,325	0,505	0,372	0,321	0,461		-0,276	-0,574				
	BBCH 51-54																		1	0,579				-0,269						0,355	0,402	0,415	0,427		0,702	0,398		0,530	-0,291	-0,366	-0,534			
	BBCH 73																				1			0,265						0,460	0,549	0,562	0,339	0,276	0,336	0,259		0,310		-0,375	-0,402			
WUE1	BBCH 32																				1	0,353	0,338							0,355			-0,704	-0,303	-0,274									
	BBCH 51-54																					1	0,690							0,411	0,467	0,462		-0,518										
	BBCH 73																												1	0,429	0,678	0,604			0,502	0,473	0,538			-0,437	0,389			
LAI	BBCH 32																														1	0,711	0,343	-0,452		-0,381		0,257				0,281		
	BBCH 51-54																													1	0,357	-0,464	-0,329	-0,467		0,374			-0,265					
	BBCH 73																														1			-0,594				-0,442	-0,526	-0,439		-0,299	0,480	0,471
MTA	BBCH 32																											1	0,506															
	BBCH 51-54																											1	0,415				0,413	0,303						0,450	-0,415	-0,449	-0,284	
	BBCH 73																													1									0,369	-0,399	-0,325	-0,254		
Pn	BBCH 32																														1	0,696	0,832	0,270		0,342		0,359	0,513	-0,290	-0,347	-0,574		
	BBCH 51-54																														1	0,812	0,304	0,342	0,407				0,656	-0,289	-0,404	-0,739		
	BBCH 73																															1	0,456	0,291	0,508	0,875	0,727	0,674	-0,519	-0,760	-0,755			
E	BBCH 32																																1	0,504	0,562	0,321	0,322	0,646	-0,263	-0,431	-0,639			
	BBCH 51-54																																	1	0,471	0,379		0,271	-0,343	-0,508	-0,607			
	BBCH 73																																		1	0,550	0,465	0,592	-0,537	-0,715	-0,751			
Gs	BBCH 32																																				1	0,292	0,743	-0,311	-0,586	-0,743		
	BBCH 51-54																																					1	0,782	-0,391	-0,430	-0,772		
	BBCH 73																																						1	-0,645	-0,801	-0,730		
CI	BBCH 32																																							1	0,724	0,662		
	BBCH 51-54																																								1	0,748		
	BBCH 73																																									1		

6.7. Skład chemiczny ziarna

6.7.1. Zawartość składników organicznych i popiołu

W 3-letnim cyklu badań, poziom technologii produkcji nie miał istotnego wpływu na zawartość składników organicznych i popiołu w ziarnie pszenżyta ozimego (tab.30). Jedynie w przypadku białka ogółem wykazano istotny wzrost jego zawartości w ziarnie pod wpływem zwiększenia intensywności technologii produkcji. W technologii wysokonakładowej (A_2) ziarno zawierało w suchej masie przeciętnie o $4,2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ więcej białka ogółem w odniesieniu do technologii niskonakładowej (A_1).

W przeprowadzonym doświadczeniu wykazano istotne zróżnicowanie składu chemicznego ziarna w zależności od odmiany pszenżyta ozimego, nie stwierdzono natomiast istotnych zależności interakcyjnych czynników doświadczenia w kształtowaniu zawartości składników organicznych i popiołu w ziarnie.

Ziarno odmiany Algoso charakteryzowało się istotnie niższą zawartością białka ogółem w odniesieniu do odmian Baltiko, Todan, Pizarro, Fredro, Alekto, Maestrozo i Elpaso, przy zakresie zmienności od $10,1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. (odmiana Baltiko) do $20 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. (odmiana Maestrozo). Odmianą wyróżniającą się pod tym względem była Maestrozo, która posiadała w ziarnie istotnie więcej białka ogółem od odmiany Borowik, Agostino i Alekto odpowiednio o $11,6$, $11,8$ i $20 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.

Analizując zawartość tłuszczu surowego w ziarnie stwierdzono najwyższą jego kumulację w ziarnie odmiany Algoso, w przedziale od $4,6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. (Todan) do $9,8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. (Maestrozo). Jedynie odmiany Pizzaro i Borowik nie ustępowały Algoso istotnie pod tym względem. Z kolei odmiana Maestrozo charakteryzowała się istotnie niższą zawartością tłuszczu surowego w ziarnie w porównaniu do Todan, Pizarro, Borowik, Fredro, Alekto i Elpaso, od $4,7 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. (Fredro) do $6,9 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. (Borowik). Mniejszą kumulacją tłuszczu w ziarnie cechowała się także odmiana Baltiko, która miała istotnie mniejszą jego zawartość w porównaniu do odmian Pizarro i Borowik (odpowiednio o $4,5$ i $5,8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.) Ziarniaki odmiany Algoso zawierały także istotnie więcej bezazotowych substancji wyciągowych (BAW) w odniesieniu do odmian Todan, Alekto i Maestrozo (odpowiednio o $17,8$, 15 i $17,6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.), skrobi w porównaniu do odmian Borowik Todan, Maestrozo i Pizarro (odpowiednio o $2,46$, $2,41$, $2,36$ i $1,86 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.) oraz istotnie mniej popiołu od odmiany Maestrozo, Alekto, Fredro, Borowik, Todan i Baltiko (od $2,9 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. dla odmian Alekto i Baltiko do $4,7 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. dla odmiany Todan).

Odmiana Todan wyróżniała się istotnie większą zawartością popiołu w ziarnie w porównaniu do odmiany Agostino (o 30 g·kg⁻¹ s.m.), zaś odmiana Agostino zawierała w ziarnie istotnie więcej włókna surowego w porównaniu do odmian Todan, Pizarro, Fredro, Algoso i Alekto (w przedziale od 4,1 g·kg⁻¹ s.m. dla odmiany Algoso do 6,3 g·kg⁻¹ s.m dla odmiany Fredro). W ziarnie odmian Fredro i Alekto stwierdzono istotnie niższą zawartość tego składnika w odniesieniu do odmian Baltiko, Agostino, Borowik oraz Maestrozo.

W przeprowadzonym eksperymencie wykazano istotny wpływ czynników pogodowych w latach badań na zawartość składników organicznych i popiołu, za wyjątkiem tłuszczu surowego. Istotnie najwyższą zawartością białka ogółem wyróżniło się ziarno pszenżyta ozimego w sezonie wegetacyjnym 2012/2013, przy równocześnie istotnie najmniejszej kumulacji skrobi. Z kolei istotnie najmniej białka ogółem i popiołu a najwięcej skrobi i bezazotowych substancji wyciągowych (BAW) posiadały ziarniaki z sezonu 2013/2014, ponadto zawartość włókna surowego była tu istotnie większa niż z sezonu 2012/2013.

Tabela30. Zawartość składników organicznych i popiołu w ziarnie pszenżyta ozimego - średnio za lata 2011-2014

Table30. Content of organic components and ash in winter triticale grain –means from years 2011-2014

Odmiana <i>Cultivar</i> (II)		Białko ogólne <i>Crude protein</i>		Tłuszcz surowy <i>Crude FAT</i>			Włókno surowe <i>Crude fibre</i>			Skrobia <i>Crude Starch</i>			Popiół <i>Crude ash</i>			BAW <i>N-free extract</i>			
		Technologia produkcji <i>Production technology</i> (I)		Średnio <i>Mean</i>	Technologia produkcji <i>Production technology</i> (I)		Średnio <i>Mean</i>	Technologia produkcji <i>Production technology</i> (I)		Średnio <i>Mean</i>	Technologia produkcji <i>Production technology</i> (I)		Średnio <i>Mean</i>	Technologia produkcji <i>Production technology</i> (I)		Średnio <i>Mean</i>	Technologia produkcji <i>Production technology</i> (I)		Średnio <i>Mean</i>
		A1	A2		A1	A2		A1	A2		A1	A2		A1	A2				
		g·kg ⁻¹ s. m. - g·kg ⁻¹ DM																	
Agostino		130	135	132	14,3	12,4	13,3	22,7	21,7	22,2	598	605	602	15,6	15,3	15,5	816	815	815
Aleкто		138	145	142	16,8	14,7	15,7	16,5	17,4	16,9	601	597	599	16,3	17,2	16,7	810	805	807
Algoso		123	125	124	21,4	18,9	20,2	17,6	18,6	18,1	614	613	613	13,9	13,7	13,8	822	822	822
Baltiko		134	135	135	12,6	10,3	11,4	20,2	21,6	20,9	598	603	601	17,3	16,2	16,7	814	816	815
Borowik		130	135	133	16,9	17,7	17,3	22,5	20,9	21,7	588	589	589	16,7	16,4	16,5	812	809	811
Elpaso		132	138	135	17,5	14,3	15,9	20,0	18,1	19,1	597	599	598	16,2	16,6	16,4	813	812	812
Fredro		135	141	138	15,7	14,4	15,1	15,5	16,2	15,9	603	600	602	17,6	17,4	17,5	812	809	811
Maestrozo		142	147	144	10,7	10,0	10,3	22,0	20,8	21,4	589	590	590	18,4	17,5	18,0	805	804	805
Pizarro		137	141	139	16,5	15,4	16,0	18,1	17,8	17,9	593	597	595	16,1	15,6	15,9	810	809	809
Todan		139	141	140	16,4	14,8	15,6	18,2	17,8	18,0	588	590	589	18,8	18,2	18,5	803	806	805
ŚrednioMean		134	138	136	15,9	14,3	15,1	19,3	19,1	19,2	597	598	598	16,7	16,4	16,5	812	811	811
NIR/LSD _{α=0,05}		I – 2,20, II – 10,0, II/I – n.s., I/II – n.s.			I – n.s., II – 4,30, II/I – n.s., I/II – n.s.			I – n.s., II – 3,9, II/I – n.s., I/II – n.s.			I – n.s., II – 18,0, II/I – n.s., I/II – n.s.			I – n.s., II – 2,65, II/I – n.s, I/II – n.s.			I – n.s., II – 13,1 II/I – n.s, I/II – n.s.		
Lata/Years	2011/2012	141			14,6			18,6			594			17,3			808		
	2012/2013	148			17,7			17,0			589			19,0			798		
	2013/2014	119			13,1			22,1			609			13,3			826		
	NIR/ LSD _{α=0,05}	3,7			n.s.			3,62			8,96			0,55			4,8		

6.7.2. Zawartość składników mineralnych

6.7.2.1. Zawartość makroelementów

Intensywność technologii produkcji pszenżyta ozimego nie wpływała istotnie na zawartość makroelementów w ziarnie, za wyjątkiem fosforu, w przypadku którego zwiększenie intensywności technologii produkcji spowodowało istotny wzrost zawartości w suchej masie ziarna o $0,2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ (tab. 31).

Zawartość makroelementów w ziarnie pszenżyta ozimego istotnie modyfikował czynnik odmianowy. Ziarno odmiany Fredro cechowało się istotnie najwyższą zawartością fosforu w porównaniu z ziarnem pozostałych odmian, w zakresie od 1,06 (Todan) do $1,62 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ (Maestrozo). Odmiana Fredro charakteryzowała się także istotnie niższą w odniesieniu do odmiany Todan (o $0,77 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$), Elpaso (o $0,91 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$) oraz Pizarro (o $1,036 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$) zawartością potasu w ziarnie. Z kolei odmiana Elpaso zawierała istotnie więcej wapnia w ziarnie niż odmiana Maestrozo (o $0,086 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$).

Nie stwierdzono interakcji czynników doświadczenia w kształtowaniu zawartości makroelementów w ziarnie pszenżyta ozimego.

6.7.2.2. Zawartość mikroelementów

Badane odmiany pszenżyta ozimego różniły się zawartością mikroelementów w ziarnie (tab.32). Zawartość żelaza, cynku i manganu była istotnie modyfikowana przez czynnik odmianowy, a zawartość żelaza i manganu również przez poziom intensywności technologii produkcji. W przeprowadzonym doświadczeniu nie wykazano natomiast istotnego wpływu czynników doświadczenia na zawartość miedzi w ziarnie pszenżyta ozimego, jak też interakcji czynników w kształtowaniu zawartości badanych mikroelementów.

Ziarno odmiany Elpaso cechowało się istotnie wyższą zawartością żelaza w ziarnie w odniesieniu do odmian Maestrozo, Alekto, Fredro, Borowik, Pizarro, Todan i Agostino, w zakresie od $5,07 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ (Fredro) do $5,81 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ (Borowik). Odmiana Fredro wyróżniła się natomiast istotnie wyższą zawartością cynku w ziarnie w odniesieniu do odmiany Algozo (o $5,36 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$), Todan ($5,67 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$), Maestrozo ($5,83 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$) oraz Borowik (o $5,97 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$). Z kolei odmiana Maestrozo zawierała istotnie mniej manganu w ziarnie w porównaniu z odmianą Fredro (o $6,55 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$), Agostino (o $6,14 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$) i Pizarro (o $6,99 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$).

Wzrost intensywności technologii produkcji powodował wzrost zawartości żelaza i manganu w suchej masie ziarna. W technologii wysokonakładowej zawartość żelaza i manganu w ziarnie wzrosła odpowiednio o 2,04 oraz 2,41 g·kg⁻¹ s.m. w stosunku do ziarna z technologii niskonakładowej.

6.7.2.3. Stosunki jonowe pomiędzy pierwiastkami

W przeprowadzonym doświadczeniu nie stwierdzono istotnego wpływu technologii produkcji na kształtowanie stosunków jonowych w ziarnie pszenżyta ozimego, jak też istotnych interakcji czynników doświadczenia w kształtowaniu relacji pomiędzy pierwiastkami (tab.33). Stosunki te zależały natomiast od odmiany. Odmiana Elpaso wykazała się istotnie wyższymi w porównaniu z odmianą Fredro i Pizarro wartościami stosunków jonowych Fe:Mn (odpowiednio o 0,24 i 0,26), a mniejszą wartością proporcji Mn:Zn w odniesieniu do odmiany Algoso (o 0,24). Z kolei wartości stosunku milirównoważnikowego K:(Ca+Mg) u odmiany Fredro były istotnie niższe w porównaniu z odmianami Baltiko, Todan, Pizarro, Borowik oraz Maestrozo, od 0,23 (Borowik) do 0,31 (Baltiko). Także u odmiany Agostino relacja K:(Ca+Mg) przyjęła istotnie niższe wartości w porównaniu do odmiany Todan i Baltiko (odpowiednio o 0,21 i 0,23).

Tabela 31. Zawartość makroelementów w ziarnie pszenżyta ozimego – średnio za lata 2011-2014

Table 31. Content of macroelements in winter triticale grains – means from years 2011-2014

Odmiana Cultivar (II)	P			K			Ca			Mg			Na		
	Technologia produkcji Production technology (I)		Średnio Mean	Technologia produkcji Production technology (I)		Średnio Mean	Technologia produkcji Production technology (I)		Średnio Mean	Technologia produkcji Production technology (I)		Średnio Mean	Technologia produkcji Production technology (I)		Średnio Mean
	A1	A2		A1	A2		A1	A2		A1	A2		A1	A2	
	g·kg ⁻¹ s.m.- g·kg ⁻¹ DM														
Agostino	4,76	4,88	4,82	4,42	4,33	4,37	0,189	0,158	0,173	0,883	0,853	0,868	0,068	0,054	0,061
Alekto	5,26	4,71	4,98	4,47	4,68	4,57	0,182	0,143	0,163	0,831	0,937	0,884	0,072	0,059	0,066
Algozo	5,48	4,94	5,21	4,58	4,48	4,53	0,224	0,185	0,204	0,872	0,802	0,837	0,069	0,044	0,056
Baltiko	5,01	5,20	5,11	4,84	4,72	4,78	0,191	0,239	0,215	0,809	0,765	0,787	0,051	0,051	0,051
Borowik	4,60	5,23	4,92	4,44	4,89	4,66	0,181	0,196	0,189	0,789	0,868	0,829	0,053	0,051	0,052
Elpaso	4,73	5,58	5,15	4,73	5,19	4,96	0,213	0,250	0,232	0,863	0,918	0,891	0,050	0,045	0,048
Fredro	6,47	6,35	6,41	3,90	4,19	4,05	0,196	0,186	0,191	0,826	0,858	0,842	0,066	0,051	0,059
Maestrozo	4,71	4,87	4,79	4,45	4,56	4,50	0,135	0,156	0,145	0,815	0,772	0,793	0,072	0,049	0,060
Pizarro	4,34	5,28	4,81	5,11	5,06	5,08	0,176	0,162	0,169	0,913	0,878	0,895	0,065	0,067	0,066
Todan	5,19	5,52	5,35	4,72	4,92	4,82	0,161	0,168	0,164	0,850	0,822	0,836	0,069	0,070	0,069
Średnio Mean	5,06	5,26	5,16	4,57	4,70	4,63	0,185	0,184	0,185	0,845	0,847	0,846	0,063	0,054	0,059
NIR/LSD _{α=0,05}	I=0,18, II=0,80, II/I=n.s., I/II=n.s.			I=n.s., II=0,76, II/I=n.s., I/II=n.s.			I=, II=0,075, II/I=n.s., I/II=n.s.			I=n.s., II=n.s., II/I=n.s., I/II=n.s.			I=n.s., II=n.s., II/I=n.s., I/II=n.s.		

Tabela 32. Zawartość mikropierwiastków w ziarnie pszenżyta ozimego – średnio za lata 2011-2014

Table 32. Content of microelements in winter triticale grains – means from years 2011-2014

Odmiana Cultivar (II)	Fe			Zn			Mn			Cu		
	Technologia produkcji Production technology (I)		Średnio Mean	Technologia produkcji Production technology (I)		Średnio Mean	Technologia produkcji Production technology (I)		Średnio Mean	Technologia produkcji Production technology (I)		Średnio Mean
	A1	A2		A1	A2		A1	A2		A1	A2	
	mg·kg ⁻¹ s.m.- mg·kg ⁻¹ DM											
Agostino	23,2	25,4	24,3	24,3	22,9	23,6	32,6	30,1	31,3	3,85	3,75	3,80
Alekto	20,6	28,1	24,3	20,9	22,8	21,9	26,1	30,6	28,3	3,34	3,97	3,66
Algoso	23,9	25,6	24,8	21,2	20,5	20,8	31,5	28,8	30,2	3,53	3,33	3,43
Baltiko	26,0	24,1	25,0	23,9	23,1	23,5	29,4	30,1	29,7	4,07	3,83	3,95
Borowik	22,7	25,0	23,9	19,1	21,3	20,2	26,2	30,3	28,3	3,82	4,18	4,00
Elpaso	28,0	31,3	29,7	22,3	28,0	25,2	26,0	34,3	30,1	3,31	4,35	3,83
Fredro	23,6	25,6	24,6	25,9	26,4	26,2	30,2	33,2	31,7	4,01	3,95	3,98
Maestrozo	23,0	25,0	24,0	20,8	19,9	20,4	24,2	26,2	25,2	3,28	3,27	3,28
Pizarro	24,5	24,1	24,3	25,1	23,6	24,3	30,6	33,8	32,2	4,11	4,18	4,14
Todan	23,7	25,3	24,5	19,8	21,2	20,5	27,1	30,5	28,8	3,70	3,79	3,75
Średnio / Mean	23,9	26,0	24,9	22,3	23,0	22,7	28,4	30,8	29,6	3,70	3,86	3,78
NIR/LSD _{α=0,05}	I=1,84, II=4,95, II/I=n.s., I/II=n.s.			I=n.s., II=5,35, II/I=n.s., I/II=n.s.			I=1,71, II=5,46, II/I=n.s., I/II=n.s.			I=n.s., II=n.s., II/I=n.s., I/II=n.s.		

Tabela 33 .Stosunki jonowe pomiędzy pierwiastkami w ziarnie pszenżyta ozimego – średnio za lata 2011-2014

Table 33. Ionic ratios in winter triticale grains - means from years 2011-2014

Odmiana Cultivar (II)	K : (Ca+Mg)		Średnio Mean	Ca : P		Średnio Mean	K : Na		Średnio Mean	Fe : Mn		Średnio Mean	Mn : Cu		Średnio Mean	Mn : Zn		Średnio Mean
	Technologia produkcji Production technology (I)			Technologia produkcji (I) Production technology (I)			Technologia produkcji Production technology (I)			Technologia produkcji Production technology (I)			Technologia produkcji Production technology (I)			Technologia produkcji Production technology (I)		
	A1	A2		A1	A2		A1	A2		A1	A2		A1	A2		A1	A2	
Agostino	1,38	1,42	1,40	0,040	0,032	0,036	65,9	92,0	79,0	0,73	0,86	0,80	8,50	8,00	8,25	1,34	1,32	1,33
Alekto	1,47	1,42	1,45	0,035	0,030	0,032	64,0	102,2	83,1	0,80	0,94	0,87	7,88	7,71	7,79	1,25	1,38	1,32
Algoso	1,41	1,53	1,47	0,041	0,038	0,039	71,4	103,7	87,6	0,77	0,91	0,84	8,89	8,71	8,80	1,49	1,40	1,45
Baltiko	1,63	1,62	1,62	0,038	0,046	0,042	100,0	104,0	102,0	0,89	0,81	0,85	7,22	7,87	7,55	1,24	1,32	1,28
Borowik	1,54	1,54	1,54	0,039	0,038	0,038	84,0	99,6	91,8	0,88	0,85	0,86	6,87	7,27	7,07	1,37	1,44	1,41
Elpaso	1,49	1,50	1,50	0,045	0,045	0,045	101,6	119,2	110,4	1,14	0,92	1,03	7,80	7,86	7,83	1,19	1,23	1,21
Fredro	1,28	1,35	1,31	0,032	0,029	0,030	61,4	89,7	75,5	0,79	0,80	0,79	7,58	8,45	8,02	1,16	1,28	1,22
Maestrozo	1,55	1,63	1,59	0,029	0,032	0,030	62,0	94,0	78,0	0,99	0,96	0,98	7,49	8,10	7,79	1,17	1,32	1,24
Pizarro	1,56	1,62	1,59	0,041	0,031	0,036	79,5	85,4	82,4	0,82	0,74	0,78	7,44	8,02	7,73	1,22	1,45	1,33
Todan	1,55	1,66	1,61	0,031	0,030	0,031	69,5	105,3	87,4	0,91	0,83	0,87	7,43	8,20	7,82	1,36	1,44	1,40
Średnio Mean	1,49	1,53	1,51	0,037	0,035	0,036	75,9	99,5	87,7	0,87	0,86	0,87	7,71	8,02	7,87	1,28	1,36	1,32
NIR/ LSD _{α=0,05}	I=n.s., II=0,20, II/I=n.s., I/II=n.s.			I=n.s., II=0,015, II/I=n.s., I/II=n.s.			I=n.s., II=n.s., II/I=n.s., I/II=n.s.			I=n.s., II=0,24, II/I=n.s., I/II=n.s.			I=n.s., II=n.s., II/I=n.s., I/II=n.s.			I=n.s., II=0,23, II/I=n.s., I/II=n.s.		

6.7.3. Plon białka ogółem i wartość energetyczna plonu

Plon białka ogółem i wartość energetyczna plonu pszenżyta ozimego były uzależnione od technologii produkcji oraz interakcji technologii produkcji z odmianą (tab. 34). W przypadku plonu białka ogółem istotnym źródłem zmienności była także odmiana.

W technologii wysokonakładowej (A_2) pszenżyto ozime charakteryzowało się większym plonem białka ogółem i wartością energetyczną plonu ziarna w porównaniu z technologią niskonakładową (A_1), odpowiednio o 31,2 i 27,5%. Zwiększenie poziomu intensywności technologii produkcji powodowało istotny wzrost wielkości plonu białka ogółem i wartości energetycznej plonu ziarna u wszystkich badanych odmian pszenżyta ozimego. Jedynie odmiana Agostino nie reagowała istotnym wzrostem wartości energetycznej plonu ziarna pod wpływem zwiększenia poziomu intensywności technologii. Odmiana Fredro wykazała się istotnie wyższym plonem białka ogółem o 20,4% w porównaniu do Todan.

W technologii wysokonakładowej (A_2) badane odmiany nie różniły się istotnie zarówno plonem białka jak i wartością energetyczną plonu, natomiast w technologii niskonakładowej (A_1) do odmian, które wydały najwyższy plon białka należały Agostino, Fredro i Alekto, istotnie przewyższając pod tym względem Todan, Algoso i Elpaso. Odmiana Agostino charakteryzowała się również istotnie wyższą wartością energetyczną plonu ziarna w tej technologii w porównaniu z odmianami Todan (o 40,7%) i Elpaso (o 32,9%).

W przeprowadzonym eksperymencie wykazano także istotny wpływ warunków pogodowych na plon białka ogółem i wartość energetyczną plonu ziarna pszenżyta ozimego. W sezonie wegetacyjnym 2011/2012 plon białka ogółem wynosił średnio 107 kg ha⁻¹ i był istotnie wyższy o 40,2% w odniesieniu do plonu białka z sezonu 2012/2013 i o 36,1% z sezonu 2013/2014. Wartość energetyczna plonu ziarna z sezonu 2011/2012 istotnie przewyższała o 49% wartość plonu uzyskanego z sezonu 2012/2013.

Tabela 34. Plon białka ogółem i wartość energetyczna plonu ziarna pszenżyta ozimego w zależności od technologii produkcji- średnio za lata 2011-2014

Table 34. Yield of crude protein and grain energy value of winter triticale depending on production technology- means from years

Odmiana <i>Cultivar</i> (II)	Plon białka / <i>Crude protein yield</i> (kg·ha ⁻¹)			Wartość energetyczna plonu ziarna/ <i>Energy value of grain</i> (MJ·ha ⁻¹)		
	Technologia produkcji <i>Production technology</i> (I)		Średnio <i>Mean</i>	Technologia produkcji <i>Production technology</i> (I)		Średnio <i>Mean</i>
	A1	A2		A1	A2	
Agostino	857	1011	934	105 295	120 894	113 095
Alekto	841	1054	948	98 452	117 118	107 785
Algoso	647	998	823	84 567	126 988	105 777
Baltiko	735	962	848	87 042	113 394	100 218
Borowik	770	959	865	94 825	113 719	104 272
Elpaso	661	981	821	79 223	113 639	96 431
Fredro	843	1067	955	99 203	120 246	109 725
Maestrozo	805	1012	908	90 071	109 263	99 667
Pizarro	748	953	850	86 813	108 049	97 431
Todan	657	929	793	74 835	104 784	89 809
Średnio / Mean	756	992	874	90 033	114 809	102 421
NIR/LSD _{α=0,05}		I –12,3, II –16,1, II/I – 18,0 I/II –13,0		I –17121, II –n.s., II/I –25300, I/II –17638		
Lata/Years	2011/2012	107		121 304		
	2012/2013	76,3		81 416		
	2013/2014	78,6		104 497		
	NIR/LSD _{α=0,05}	20,6		28 708		

7. Dyskusja

Badania nad reakcją nowych polskich odmian pszenżyta ozimego na poziom intensywności technologii produkcji przeprowadzono w Podkarpackim Ośrodku Doradztwa Rolniczego w Boguchwale, w sezonach wegetacyjnych 2011/2012, 2012/2013 i 2013/2014.

Zakładając doświadczenie starano się zapewnić warunki sprzyjające rozwojowi roślin pszenżyta ozimego. Wzięto pod uwagę fakt, iż plon ziarna pszenżyta w dużym stopniu zależy od pH gleby i kompleksu przydatności rolniczej. Najwyższe plony ziarna uzyskuje się przy pH gleby powyżej 5,5, a jego stopniowe zmniejszanie powoduje istotne zniżki plonu ziarna pszenżyta ozimego. Związane jest to z występowaniem jonów glinu i manganu, oddziałujących toksycznie na korzenie roślin [Noworolnik 2009]. Według Dmowskiego [2001], najwyższy plony (ponad $7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) pszenżyto wydaje na glebie kompleksu pszennego dobrego i żytniego dobrego. W badaniach tego autora na glebie kompleksu pszennego bardzo dobrego plony były niższe o 6%, pszennego wadliwego i żytniego bardzo dobrego - o 7%, a na kompleksie żytnim słabym o 26%. Doświadczenie w Boguchwale założono na glebie brunatnej, kompleksu pszennego dobrego, klasy bonitacyjnej II, a pH gleby w latach badań mieściło się w zakresie od 5,53 do 6,13.

Przedplonem dla pszenżyta w pierwszych dwóch latach badań był łubin wąskolistny, a w trzecim roku rzepak. Rośliny te uważane są za jedne z najlepszych przedplonów dla pszenżyta [Jaśkiewicz i Podolska 2011]. Korzystny wpływ łubinu jako przedplonu dla pszenżyta potwierdzają także badania Skrzyczyńskiego i in.[1992], Jensena i in. [2004], Zająca i in.[2006] oraz Szpunar-Krok [2011].

Jednym z najważniejszych czynników plonotwórczych jest termin siewu [Jaśkiewicz i Podolska 2011]. Pszenżyto należy do roślin dnia długiego. Oznacza to, że fazę generatywną rozpoczyna po przyjęciu określonej liczby godzin świetlnych. Zróżnicowanie terminu siewu związane jest ściśle ze zmianą długości dnia i temperatury powietrza w początkowym okresie rozwoju roślin. Długość dnia ma podstawowy wpływ na morfogenezę, a więc różnicowanie, inicjację, segmentację i wałeczkowanie stożka wzrostu; decyduje o krzewistości ogólnej i produkcyjnej, a więc także o liczbie kłosów na jednostce powierzchni, liczbie kłosek w kłosie, a tym samym i plonie ziarna z kłosa i z rośliny [Jaśkiewicz 1995, 2009]. Opóźnienie terminu siewu, wskutek obniżającej się temperatury, powoduje spowolnienie tempa wschodów oraz ukazywania się kolejnych liści. W badaniach własnych siew pszenżyta ozimego przypadł na III dekadę września.

Do siewu użyto zaprawionego materiału kwalifikowanego, gwarantującego czystość odmianową i odpowiednią jakość materiału siewnego. Ustalając ilość wysiewu wzięto również pod uwagę możliwość strat roślin w czasie wschodów. Na wypadanie roślin wpływ mają zarówno warunki pogodowe, [Kukuła 2001, Klima i Pisulewska 2004] jak i właściwości genetyczne odmiany [Podolska 2007]. Uzyskane wyniki potwierdzają powyższe wnioski. Straty w okresie wschodów zaobserwowane zostały tylko w sezonie wegetacyjnym 2012/2013, w którym to temperatura poniżej 0°C utrzymywała się do końca marca, a wiosenne ruszenie wegetacji nastąpiło 12.04.2013 r. Najwyższy procent martwych roślin stwierdzono u odmian Agostino, Todan, Borowik i Algoso.

W 3-letnim okresie badań układ warunków pogodowych w Boguchwale, za wyjątkiem sezonu 2012/2013, należy uznać za sprzyjający wysokiemu plonowaniu pszenżyta ozimego. Najbardziej zbliżony do optymalnego był przebieg pogody w sezonie 2011/2012, o najwyższej sumie opadów w fazie strzelania w źdźbło, w porównaniu z pozostałymi latami badań.

Wyleganie zbóż jest cechą niekorzystną, wpływającą negatywnie na plonowanie roślin, co obserwowano w doświadczeniu własnym. Intensywne opady w czerwcu 2013 r. (141 mm) spowodowały znaczne wyleganie roślin, co miało bezpośredni negatywny wpływ na wielkość plonu, który w roku tym był niższy od uzyskanego w 2012 i 2014 odpowiednio o 33% i 22%. Zdaniem Piecha i in. [2001] odporność na wyleganie jest efektem sumowania się cech genetycznych, agrotechnicznych i czynników środowiska. Powszechnie uważa się, że podatność na wyleganie zwiększa nawożenie azotem i duża wilgotność gleby w czasie wegetacji roślin. Potwierdzeniem tego są wyniki badań własnych, w których najsilniejsze wyleganie roślin nastąpiło w sezonie 2012/2013 o najwyższej sumie opadów. Najbardziej podatne na wyleganie okazały się odmiany Maestrozo, Elpaso i Fredro, zaś najbardziej odpornymi na tę niekorzystną cechę były odmiany Baltiko i Alekto, zaliczone do półkarłowych. Zgodne jest to z opinią Berry'ego [2000], iż prawdopodobieństwo wylegania roślin zwiększa się wraz ze wzrostem długości źdźbła. Problemem odmian krótkosłomych jest jednak zbyt mała tolerancja na jony glinu, co w pewnej mierze wpływa na ograniczenie przydatności ich do uprawy na glebach lżejszych i o niższym pH [Maćkowiak 2003]. W technologii wysokonakładowej (A₂) rośliny pszenżyta ozimego wylegały w mniejszym stopniu w porównaniu do technologii niskonakładowej (A₁), co wynikało z zastosowanego w technologii A₂ trineksapku etylu, substancji szeroko wykorzystywanej w ochronie zbóż przed wyleganiem [Rademacher 2000]. Substancja ta zastosowana została na początku fazy strzelania w źdźbło pszenżyta ozimego. Według wielu badaczy [Cox 1989, Foster 1991, Berry 2000] ten

termin aplikacji trineksapku etylu daje najlepsze efekty. Zdaniem Lunn'a [2003], Matysiaka [2004], Cieślkiego i Toboły [2007] ogranicza on wyleganie roślin oraz wpływa na pokrój roślin, umożliwiając w ten sposób maksymalne wykorzystanie potencjału plonotwórczego. Stosując regulator wzrostu należy brać pod uwagę również warunki klimatyczne, gdyż efektywność ich działania może maleć w zbyt niskich temperaturach oraz w warunkach niedoboru wody w glebie będących konsekwencją długotrwałego braku opadów [Łęgowski 2000]. Niejednakowa podatność odmian na wyleganie, poza czynnikiem genetycznym, może wynikać także z różnej reakcji roślin na działanie danej substancji lub innym sposobem jej pobierania [Maciorowski 2000, Pisulewska 1997].

W przeprowadzonych badaniach stwierdzono wpływ wzrostu intensywności technologii produkcji na wysokość roślin pszenżyta ozimego. Istotne zróżnicowanie pomiędzy technologiami produkcji wynikało z aplikacji regulatorów wzrostu w technologii wysokonakładowej (A_2). Zastosowany w eksperymencie trineksapek etylu należący do grupy retardantów wzrostu hamuje syntezę enzymów koniecznych do biosyntezy giberelin w roślinie, czego wizualnym efektem jest zmniejszenie wysokości roślin i wzmocnienie podstawy łodyg, dzięki czemu są one bardziej odporne na wyleganie [Cieślcki i Toboła 2007]. Triazole, poza właściwościami grzybobójczymi, posiadają również znaczny potencjał regulujący pokrój roślin. Rośliny poddane działaniu triazoli są niższe oraz posiadają ciemnozielone liście, co związane jest z większą zawartością chlorofilu i karotenoidów [Matysiak 2010].

W latach badań analizowano także wpływ technologii produkcji na indeks powierzchni liściowej (LAI), czyli stosunek powierzchni asymilacyjnej liści zdolnej do absorpcji PAR, od której zależy fotosynteza, do powierzchni gruntu [Lepiarczyk i in. 2005, Pietkiewicz 1985]. Wskaźniki powierzchni liści (LAI) i kąta nachylenia liści (MTA) są podstawą większości modeli prognozowania wzrostu i rozwoju roślin oraz wielkości plonu, ponieważ opisują w szerszy sposób zmiany zachodzące w łanie [Faber 2000, Jończyk 2002]. W przeprowadzonym doświadczeniu, w żadnej z analizowanych faz rozwojowych, nie wykazano istotnego wpływu poziomu intensywności technologii produkcji pszenżyta ozimego oraz zależności interakcyjnych pomiędzy technologią produkcji a czynnikiem odmianowym na kształtowanie się zarówno wartości wskaźnika powierzchni liści LAI jak i kąta nachylenia liści MTA. Zarysowała się jedynie tendencja do tworzenia większej powierzchni liści przez rośliny pod wpływem zwiększania intensywności technologii produkcji. Tłumaczyć to można zwiększonym nawożeniem azotem i bardziej intensywną chemiczną ochroną roślin w technologii wysokonakładowej, na co wskazują także Biskupski i in. [2004] oraz Szmigiel

[1999]. Potwierdzeniem tej tezy mogą być również wyniki prezentowane przez Jończyka [2001], który uprawiając pszenicę w systemie tradycyjnym uzyskał znacznie wyższe wartości LAI niż w systemie ekologicznym.

W przeprowadzonych badaniach w każdej z analizowanych faz rozwojowych wykazano natomiast istotne zróżnicowanie wskaźnika powierzchni liści (LAI) pomiędzy odmianami pszenżyta ozimego. W przeprowadzonym eksperymencie średnia wartość LAI wahała się od 5,3 w fazie strzelania w źdźbło do 5,9 w fazie kłoszenia. Wzrost tego parametru w miarę przebiegu wegetacji znajduje potwierdzenie w literaturze. Spiertz [1995] zauważa, że wskaźnik LAI rośnie wykładniczo po wiosennym ruszeniu wegetacji, a od fazy strzelania w źdźbło przyrasta liniowo do fazy w pełni rozwiniętego liścia flagowego. Redukcja powierzchni asymilacyjnej następuje od fazy kwitnienia [Bertholdsson 1995]. Jameison [1995] twierdził, że optymalny LAI dla roślin zbożowych w fazie kłoszenia powinien wynosić około 4. Im większa wartość wskaźnika LAI, tym większa powinna być produkcja biomasy i plonu rolniczego [Czeradnik i Nalborczyk 2000]. Przy zbyt dużych wartościach LAI pogarszają się jednak warunki świetlne, zaopatrzenie w CO₂ oraz wzrasta podatność na wyleganie i porażenie roślin przez choroby i szkodniki [Oleksy i in. 2009]. Fakt ten uzyskał potwierdzenie w wykonanej analizie korelacji pomiędzy wartością wskaźnika LAI a plonem ziarna. Dla obydwu technologii produkcji, w fazie strzelania w źdźbło i kłoszenia uzyskano wysoce ujemne wartości współczynnika korelacji pomiędzy tymi cechami, a w fazie dojrzałości młecznej korelacja pozostała nadal ujemna jednak na znacznie niższym poziomie. Wysoce ujemną korelację pomiędzy współczynnikiem LAI a plonem stwierdził także Biskupski i in. [2004, 2007] oraz Jończyk [2002]. Ujemna korelacja wystąpiła również pomiędzy indeksem LAI i obsadą kłosów, a także pomiędzy zawartością chlorofilu w liściu flagowym i kątem nachylenia liści MTA.

Wielkość wskaźnika LAI w każdej z analizowanych faz rozwojowych zależała od przebiegu warunków pogodowych. Znacznie niższe wartości wskaźnika LAI, lecz jednocześnie najbardziej zbliżone do optymalnych, uzyskano w sezonie wegetacyjnym 2011/2012, w którym średnia roczna suma opadów i temperatura powietrza były niższe w odniesieniu do wielolecia. Wyższe wartości wystąpiły w pozostałych latach badań, charakteryzujących się wyższymi niż przeciętnie średnimi temperaturami powietrza w poszczególnych miesiącach okresu wegetacyjnego. O istotnym wpływie warunków pogodowych na wielkość LAI wskazują także inne badania [Faber 2000. Biskupski i in. 2007, Szmigiel 2004, Oleksy i in. 2009]. Warunki pogodowe w latach badań różnicowały istotnie także wskaźnik kąta nachylenia liści MTA, lecz jedynie w fazie dojrzałości młecznej. Liście pszenżyta ozimego ustawione były najbardziej

wertykalnie w sezonie wegetacyjnym 2011/2012, w którym wskaźnik powierzchni liści LAI był najniższy. W przeprowadzonym doświadczeniu nie wykazano znaczących różnic pod względem kąta nachylenia liści MTA w zależności od fazy rozwojowej roślin u pszenżyta.

Na podstawie 3-letnich badań stwierdzono istotny wpływ czynnika odmianowego na względną zawartość chlorofilu w liściu flagowym, co znajduje potwierdzenie w literaturze. Machul [2005] i Ribaut i in. [2002] uważają, iż zawartość chlorofilu oraz zdolność do utrzymywania zieloności liścia jest uwarunkowana genetycznie i wykazuje zmienność odmianową. Zdaniem Giunta [2002] odmiany charakteryzujące się większą zawartością chlorofilu posiadają bardziej sprawne aparaty fotosyntetyczne, co wpływa na wyższe plonowanie roślin. W badaniach własnych zależność tę potwierdzono w analizie korelacji prostej pomiędzy względną zawartością chlorofilu w fazie starzenia w źdźbło a plonem ziarna (wysoka dodatnia zależność). W późniejszych fazach rozwojowych zależność ta nie była istotna, a wartości współczynników korelacji malały, przy czym utrzymywały się na dodatnim poziomie. W przeprowadzonej analizie stwierdzono również silną ujemną korelację zawartości chlorofilu z obsadą kłosów na 1m². Także Pecio [2002] w swoich badaniach stwierdziła istotnie najwyższą zawartość chlorofilu przy najniższej obsadzie. Zależność taką wykazali również Rozbicki i Samborski [2001]. Lemaire i Gastal [1997] sugerują, że wzrastająca obsada kłosów powoduje konkurencję o światło oraz składniki odżywcze roślin. Spadek zawartości chlorofilu może być więc rezultatem niedoboru światła słonecznego w łanie podczas wzrostu roślin.

Termin wykonywania pomiarów w fazie strzelania w źdźbło ma największe znaczenie praktyczne, gdyż umożliwia ustalenie wysokości dawek nawożenia pogłównego azotem [Murdock i in. 1997]. Również Samborski [2002] podaje, że najdokładniejszej oceny odżywienia roślin azotem można dokonać w fazach początku strzelania w źdźbło i kłoszenia. Pomiary wykonane w późniejszych fazach rozwojowych, szczególnie po kwitnieniu, wskazują na niższą zawartość chlorofilu, gdyż rośliny wykazują objawy starzenia się i związane z tym uszkodzenia liści [Samborski 2002]. Zgadza się to z wynikami badań własnych, w których pomiar względnej zawartości chlorofilu w liściu flagowym wybranych odmian pszenżyta ozimego wykazywał tendencję spadkową wraz ze wzrostem i rozwojem roślin. W przeprowadzonym eksperymencie, w żadnej z analizowanych faz rozwojowych pszenżyta ozimego, nie wykazano istotnego wpływu poziomu intensywności technologii produkcji jak też współdziałania czynników doświadczenia, w kształtowaniu analizowanej cechy. Zarysowała się jedynie tendencja do większej kumulacji chlorofilu w liściu flagowym pszenżyta ozimego w technologii wysokonakładowej (A₂), co łączyć można z wyższą dawką

azotu, jak również pozytywnym wpływem triazoli zawartych w preparatach grzybobójczych, stosowanych w technologii wysokonakładowej. Zdaniem Matysiak [2010] triazole (poza właściwościami grzybobójczymi) zwiększają zawartość chlorofilu w liściach, przez co posiadają one ciemnozielony kolor. O dodatnim wpływie azotu na zawartość chlorofilu w liściu donosi [Follett 1992, Peltonen 1995, Peng 1999, Barraclough i Kyte 2001, Novoa i Villagran 2002, Jaśkiewicz 2007].

O gromadzeniu chlorofilu w liściach decydują także warunki pogodowe. Neukirchen i Lammel [2002] za korzystny przebieg pogody w kształtowaniu wskaźnika zieloności liści uważają wysoką sumę opadów i niską średnią roczną temperaturę powietrza. Znalazło to potwierdzenie w badaniach własnych. Najwyższą względną zawartość chlorofilu posiadały liście flagowe w 2012 r. o najkorzystniejszym dla pszenżyta ozimego przebiegu warunków pogodowych, zaś najmniejszą w 2014 r. o najniższej średniej rocznej sumie opadów i najwyższej średniej rocznej temperaturze powietrza.

Uzyskane rezultaty 3-letnich badań wskazują, iż wartość wskaźników fluorescencji chlorofilu *a* takich jak F_v/F_o , F_v/F_m , PI zależy od fazy rozwojowej roślin pszenżyta ozimego, z najwyższymi wartościami na początku wegetacji. Demming [1987] donosi, że maksymalna wydajność fotosyntezy występuje, gdy powierzchnia blaszki liściowej osiąga minimalne wielkości, a następnie maleje wraz z jej wzrostem. Z kolei zdaniem Parys i Ostrowskiej [1976] natężenie procesu fotosyntezy w poszczególnych fazach rozwoju roślin jest uzależnione w dużym stopniu od składu hormonalnego tkanek asymilacyjnych. W przeprowadzonych badaniach wskaźnik maksymalnej wydajności PS II (F_v/F_m) kształtował się w przedziale średnio od 0,80 (w fazie strzelania w źdźbło) do 0,78 (w fazie dojrzałości mleczej). Dla większości roślin wyższych parametr F_v/F_m przybiera wartości od 0,78 do 0,84 [Bjorkman 1987]. Wartości te świadczą o braku oddziaływania poważniejszych czynników stresowych na rośliny w czasie ich wzrostu, ograniczające funkcjonowanie PS II, zmniejszające efektywność transportu elektronów.

W przeprowadzonym doświadczeniu wskaźniki fluorescencji chlorofilu *a* pszenżyta ozimego były najsilniej kształtowane przez cechy genetyczne odmian. Znajduje to potwierdzenie w literaturze, bowiem zdaniem wielu autorów [Griess 1985, Jansen 1995, Sawicka 2003] każda odmiana w sposób indywidualny produkuje asymilaty. Najkorzystniejsze wartości parametrów fluorescencji chlorofilu *a* we wszystkich fazach rozwojowych uzyskiwała odmiana Agostino, co znalazło także odzwierciedlenie w wysokim plonie ziarna tej odmiany. Spadek wartości analizowanych parametrów, a zwłaszcza F_v/F_m i PI, może świadczyć

o zmniejszonym zapotrzebowaniu roślin na asymilaty i o zakłóceniu w procesach wzrostu roślin. Niskie parametry fluorescencji chlorofilu *a* obserwowano u najniższej plonującej odmiany *Todan*, która odznaczała się równocześnie niską zawartością chlorofilu.

W przeprowadzonych badaniach podjęto próbę oceny wpływu technologii produkcji na kształtowanie wybranych parametrów fluorescencji chlorofilu *a*. Z analizy danych wynika, iż zwiększenie poziomu intensywności technologii produkcji do poziomu A_2 , spowodowało istotny wzrost potencjalnej wydajności kwantowej PS II (F_v/F_m) oraz wskaźnika jego funkcjonowania (PI), natomiast w przypadku parametru F_v/F_o mówiącego o efektywności rozkładu wody odnotowano jedynie taką tendencję. Tłumaczyć to można pozytywnym wpływem większych dawek azotu oraz regulatorów wzrostu zastosowanych w technologii wysokonakładowej (A_2). Wyższe dawki azotu wpływają bowiem na przebieg procesu fotosyntezy i zwiększanie powierzchni asymilacyjnej roślin [Szumiło 2006], natomiast regulatory wzrostu modyfikują zawartość chlorofilu w liściach [Costa 2005, Woźniak 2008], zapobiegając jego rozpadowi opóźniają starzenie się liści. Starzenie się liści z kolei znacznie obniża asymilację CO_2 [Downs 1997].

Badane odmiany pszenżyta ozimego najwyższą aktywność fotosyntetyczną wyrażoną intensywnością fotosyntezy netto (P_n) i transpiracji (E) wykazywały się w fazie dojrzałości mleczej, o czym donoszą również Hura i in. [2007a]. Autorzy Ci stwierdzili zwiększanie intensywności fotosyntezy netto (P_n) wraz ze wzrostem i rozwojem roślin pszenżyta, natomiast intensywność transpiracji (E) wzrastała do fazy kłoszenia, a w późniejszym okresie obniżyła się. Z kolei Fu [2000] w swoich badaniach nad soją stwierdził radykalny spadek parametrów wymiany gazowej w miarę starzenia się roślin. Subrahmanyam [2002] podkreśla, że intensywność tych procesów może ulegać dużej zmienności. Tłumaczy to różnym zapotrzebowaniem roślin na produkty fotosyntezy, zależnym od stopnia rozwojowego, odmiany, właściwości genetycznych rośliny jak też środowiska zewnętrznego i warunków siedliskowych.

W przeprowadzonym doświadczeniu przewodność szparkowa (G_s) zależała od warunków pogodowych w latach badań i fazy rozwojowej roślin pszenżyta ozimego. W fazie strzelania w źdźbło (BBCH32) obserwowano wyższą przewodność szparkową w porównaniu do kolejnych faz rozwojowych roślin. Najślabsze przewodnictwo szparkowe odnotowano w fazie dojrzałości mleczej. Uwidoczniona była również tendencja do lepszej przewodności szparkowej u roślin w technologii wysokonakładowej.

Aparaty szparkowe są swego rodzaju bramą dla transportu pary wodnej, dwutlenku węgla, tlenu, regulują wymianę gazową oraz temperaturę liścia [Cheves 2002]. Otwieranie ich u większości roślin następuje przy odpowiednim uwodnieniu tkanek oraz napromieniowaniu, a także przy obniżeniu CO₂ w atmosferze [Morison 1998]. Rośliny bronią się przed utratą wody zamykają aparaty szparkowe, równocześnie ograniczając dostęp niezbędnego w procesach fotosyntezy CO₂ do wnętrza komórki. Dowodzą tego również badania własne, w których stwierdzono silną dodatnią korelację pomiędzy intensywnością fotosyntezy netto (Pn) i przewodnictwem szparkowym (Gs). Zamknięciu aparatów szparkowych towarzyszy spadek wskaźnika wykorzystania ATP i NADPH do asymilacji CO₂, który skutkuje zmniejszeniem tempa transportu elektronów i w związku z tym spadkiem potencjalnej wydajności PS II [Ort and Baker 2002]. Stwierdzenia te potwierdzają badania własne, w których w obydwu technologiach produkcji wykazano silną dodatnią korelację pomiędzy przewodnictwem szparkowym (Gs) a potencjalną wydajnością PS II (F_v/F_m). Z kolei uzyskana w przeprowadzonym doświadczeniu ujemna korelacja pomiędzy intensywnością fotosyntezy netto (Pn) a stężeniem wewnątrzkomórkowym CO₂ (C_i) świadczy o tym, że podwyższenie stężenia CO₂ w przestworach komórkowych może być przyczyną ograniczania dostępu substratów potrzebnych w procesie asymilacji. Bruening i Egli [1999] podkreślają, że zarówno niedobór jak i nadmiar asymilatów może wpływać na intensywność fotosyntezy.

Gdy w przestworach stężenie wewnątrzkomórkowe CO₂ wzrasta a przewodnictwo szparkowe ulega niewielkim fluktuacjom, świadczy to o pozaszparkowym limitowaniu fotosyntezy. Według tej hipotezy sformułowanej przez Neales i Incoll [1968], asymilaty nagromadzone w liściach wywołują reakcję o charakterze sprzężenia zwrotnego, prowadzącą do zahamowania fotosyntezy. Przewodnictwo szparkowe bezpośrednio lub pośrednio wpływa na intensywność fotosyntezy, a przez to również na wzrost roślin i ich końcowy plon, który jest wypadkową wielu procesów, z których intensywność fotosyntezy jest jednym z najważniejszych [Penning 1982]. Potwierdza to uzyskana w badaniach własnych silna dodatnia korelacja pomiędzy plonem ziarna a intensywnością fotosyntezy netto. Zależność taka świadczy o prawidłowym wykorzystaniu produktów fotosyntezy w produkcji plonu [Ashraf 2006]. Z kolei dodatnia korelacja pomiędzy intensywnością fotosyntezy netto (Pn) a intensywnością transpiracji (E) i przewodnictwem szparkowym (Gs) informuje o sprawnej wymianie gazowej pomiędzy liściem a otoczeniem [Subrahmanyam 2002].

Wyliczona fotosyntetyczna efektywność wymiany gazowej (WUE), określona sprawnością z jaką rośliny asymilują CO₂ z atmosfery w stosunku do tempa utraty wody,

wskazuje na niewielkie zróżnicowanie pod tym względem badanych odmian, jak też w latach badań. Wskaźnik WUE jest bardzo ważny, ponieważ dostarcza informacji dotyczących adaptacji roślin do lokalnych warunków [Heschel i in. 2002, Geber i Griffen 2003, Caruso 2005]. Wysokie wartości WUE świadczą o swego rodzaju kompromisie pomiędzy pobieraniem CO₂ i utratą H₂O, czyli o efektywnym gospodarowaniu wodą przez rośliny.

W przeprowadzonym eksperymencie, wartości wskaźnika efektywności wykorzystania wody (WUE) wyraźnie malały w trakcie ontogenezy, co może świadczyć o bardziej „rozrzutnym” gospodarowaniu wodą przez rośliny pszenżyta ozimego pod koniec okresu ich wegetacji. Badane odmiany cechowały się na ogół zbliżonymi wartościami wskaźnika WUE, co oznacza, że podobnie gospodarowały wodą, a tylko w fazie dojrzałości mleczonej (BBCH 73) różniły się istotnie pod tym względem. W fazie tej najlepiej gospodarowały wodą odmiany Pizarro i Maestrozo, zaś Baltiko korzystała z wody najmniej efektywnie. We wszystkich analizowanych fazach rozwojowych wysoką efektywnością gospodarowania wodą charakteryzowała się odmiana Maestrozo.

Utratę wody rośliny minimalizują poprzez niskie przewodnictwo szparkowe, jednakże skutkuje to równoczesnym spadkiem intensywności asymilacji i obniżeniem wielkości plonu [Geber i Dawson 1997, Condoni in. 2002]. W badaniach własnych spadek intensywności transpiracji (E) związany był na ogół ze zmniejszeniem intensywności fotosyntezy netto (Pn), co w efekcie dawało zbliżone wartości wskaźnika WUE. Bardziej zmieniały się parametry kształtujące go niż on sam.

W przeprowadzonym doświadczeniu oceniono również wpływ intensywności technologii produkcji na stopień porażenia roślin pszenżyta ozimego przez grzyby chorobotwórcze. Chemiczna ochrona roślin fungicydami zastosowana w technologii wysokonakładowej (A₂) skutecznie ograniczyła ich występowanie. Literatura podkreśla wysoką skuteczność ochrony przed chorobami grzybowymi zbóż [Kuś 1991, Wróbel i Jabłoński 2004]. Badane odmiany pszenżyta ozimego uprawiane w technologii (A₂) nie wykazywały żadnych oznak chorób, poza fuzariozą kłosów, w przypadku której w sezonie wegetacyjnym 2013/2014 porażenie wszystkich odmian oceniono na 8° w skali 9°. W sezonie tym, porażenie roślin pszenżyta w technologii niskonakładowej (A₁) przez większość patogenów grzybowych było największe. Jest to zależność trudna do wytłumaczenia, gdyż jak podaje literatura najlepszymi warunkami do rozwoju większości grzybów chorobotwórczych jest wysoka temperatura, duża ilość opadów oraz wysoka wilgotność powietrza [Głazek 2006, Jaczewska-Kalicka 2008, Danyte V, Pecio A 2009], natomiast w badaniach własnych sezon

2013/2014 charakteryzował się wyższą w odniesieniu do wielolecia średnią temperaturą powietrza ale mniejszą niż przeciętnie sumą opadów. Najsilniejsze porażenie roślin przez grzyby w tym sezonie można łączyć z dużą sumą opadów w okresie krzewienie-strzelanie w źdźbło oraz z bardzo wilgotnym majem. Pomimo tego, iż kolejne miesiące zgodnie z klasyfikacją Skowera i Puły [2004] były suche, doszło jednak do infekcji roślin i rozwoju chorób. W pozostałych sezonach wegetacyjnych grzyby patogeniczne opanowywały rośliny w mniejszym stopniu i na zbliżonym poziomie. W badaniach własnych najbardziej odporną na większość patogenów grzybowych była odmiana Pizarro, należąca do odmian najslabiej porażanych przez septoriozę liści, mączniaka prawdziwego, rdzę brunatną oraz choroby podstawy źdźbła. W takim samym stopniu jak u odmiany Pizarro, rdza brunatna porażała również rośliny odmiany Borowik, a w przypadku chorób podstawy źdźbła – odmianę Maestrozo. Z kolei na rynchosporiozę najbardziej odporną okazała się odmiana Todan, a na septoriozę plew - Elpaso. Infekcja fuzariozą, która poza stratami w plonie, tworzy na ziarnie wysoko toksyczne trucizny (mykotoksyny) zagrażające zdrowiu ludzi i zwierząt w przypadku spożycia żywności wytworzonej z porażonego ziarna [Góral2009], wystąpiła w szczególnym nasileniu na kłosach odmian Borowik, Todan i Algoso. Fuzarioza kłosów u pszenżyta badana jest od wielu lat i dostępnych jest wiele danych na ten temat [Arseniuk1993, Góral 1995, 2002, Buśko 2005, Veitch 2008]. Rdza brunatna oraz septorioza liści i plew powodują olbrzymie szkody w plonach [Maćkowiak 2003]. Schevchenko i Karpachev [1985] podają, że każde 10% porażenia liści pszenżyta przez rdzę brunatną powoduje obniżenie plonu ziarna o 3%. O szkodliwości rdzy brunatnej oraz septoriozy plew i liści dla pszenżyta ozimego donosi również Schinkel [2002]. Za jedną z ważniejszych chorób liści pszenżyta w Polsce Czembor [2013] uważa mączniaka prawdziwego. Najbardziej podatne na tę chorobę okazały się odmiany Elpaso i Baltiko. Wielu autorów zwraca uwagę na konieczność poszukiwania nowych źródeł odporności na mączniaka występującego na pszenżycie z uwagi na fakt coraz większego potencjału tego patogena w przełamывania źródeł odporności [Wakuliński i in. 2007, Walker i in. 2010, Kowalczyk i in. 2011]. W sezonie wegetacyjnym 2012/2013, w wyniku długo zalegającej pokrywy śnieżnej, na roślinach pszenżyta wystąpiła pleśń śniegowa, która spowodowała zamieranie roślin. Dużą wrażliwością na nią wykazały się odmiany Borowik, Algoso, Agostino, Todan oraz Fredro.

W przeprowadzonym doświadczeniu plon ziarna i słomy pszenżyta ozimego zależał istotnie od odmiany jak też poziomu technologii produkcji, a w przypadku plonu ziarna także od interakcji tych czynników. O wielkości plonu i jego strukturze w dużej mierze decydował

także przebieg warunków pogodowych. Na dużą zmienność plonu ziarna pszenżyta ozimego w zależności od przebiegu pogody wskazują również Koziera [1996], Makowiecki i Mączka [1993], Wilgosz i in. [2005a i b], Banaszak i in. [2005], Buraczyńska i Ceglarek [2009] oraz Zajac [2006]. Zdaniem Gąsiorowskiej [2011], głównym czynnikiem wpływającym na plonowanie są opady atmosferyczne, a ich rozkład jest bardzo ważny w okresach krytycznych roślin. Opady w fazie strzelania w źdźbło w większym stopniu decydują o wielkości plonu niż występujące podczas dojrzewania zbóż [Michalski 1999, Kołodziej 2003, 2005]. Średni plon ziarna pszenżyta ozimego wyniósł $7,59 \text{ t ha}^{-1}$, a słomy $6,98 \text{ t ha}^{-1}$. Najwyższy plon ziarna (średnio $8,99 \text{ t ha}^{-1}$) uzyskano w sezonie wegetacyjnym 2011/2012, o najbardziej korzystnym rozkładzie opadów, a najniższy ($6,03 \text{ t ha}^{-1}$) w sezonie 2012/2013 charakteryzującym się najkrótszym okresem wegetacji wynikającym z długo utrzymujących się niskich temperatur w okresie zimowym. O tym, że wzrost i rozwój roślin zależy w dużym stopniu od warunków termicznych jakie panują w sezonie wegetacyjnym donosi także Radzka [2007]. Banaszak [2005] stwierdził spadek plonu pszenżyta ozimego pod wpływem niskich temperatur w tym okresie. Z kolei Mikulski [1995] wykazał spadek plonu będący konsekwencją ciepłych zim z dużymi różnicami temperatur. Według innych doniesień wyższa temperatura jesienią, szczególnie w czasie krzewienia, korzystnie wpływa na plonowanie pszenżyta ozimego [Koziera 1996, Makowiecki, Mączka 1993]. Ten fakt znalazł potwierdzenie w badaniach własnych, bowiem w sezonie wegetacyjnym 2013/2014, z najwyższą w latach badań średnią temperaturą powietrza w okresie od wschodów do krzewienia, uzyskano stosunkowo wysoki plon ziarna i słomy.

Różnice w plonowaniu pomiędzy latami badań wynikały również ze zróżnicowanego wpływu warunków pogodowych na poszczególne elementy kształtujące plon. Badania przeprowadzone przez Buraczyńską i Ceglarkę [2008] potwierdzają istotny wpływ warunków pogodowych w latach badań na elementy plonowania pszenżyta ozimego. Układ warunków pogodowych w sezonie 2013/2014 wpłynął na wykształcenie przez rośliny większej liczby i masy ziaren z kłosa, pomimo niższej o $0,2 \text{ g}$ masy 1000 ziaren w porównaniu z sezonem 2011/2012, w którym dorodność ziaren była najwyższa. Plon ziarna uzyskany w sezonie 2013/2014 nie był jednak najwyższy. Na obniżenie plonu ziarna wpłynęło tu największe porażenie roślin pszenżyta ozimego przez patogeny grzybowe, zwłaszcza septoriozę liści, rdzę brunatną, mączniaka prawdziwego i rynchosporiozę. Sezon 2011/2012, z największą sumą opadów w okresie od siewu do wschodów, charakteryzowały się największym zagęszczeniem kłosów pszenżyta ozimego na 1 m^2 , a efektem tego był najwyższy w latach badań plon ziarna

i słomy. Jest to zgodne z doniesieniami literaturowymi, gdzie obsadę kłosów pszenżyta ozimego uważa się za cechę charakteryzującą się największą zmiennością i najsilniej modyfikującą wielkość plonu [Rozbicki i Mądry 1998, Fotyma 1993, Mazurek 1999, Podolska 2002, Brzozowska 2013]. Wpływ warunków pogodowych na wartość elementów składowych plonu znalazło potwierdzenie również w pracach Grundy [1996] i Brzozowskiej [2008, 2011]. Także wyniki badań Rozbickiego i Mądrego [1998] wskazują, że spośród składowych plonu największe znaczenie ma obsada kłosów na jednostce powierzchni, mniejsze liczba ziaren z kłosa, a najmniejsze masa 1000 ziaren. Z kolei w badaniach Nouri-Ganbari [2009] masa 1000 ziaren najmocniej modyfikowała plon, natomiast w badaniach Fotymy [1993] wpływała w najmniejszym stopniu na jego wielkość. Przeprowadzona analiza korelacji prostej wykazała silną dodatnią zależność wielkości plonu ziarna od obsady kłosów na 1 m², masy 1000 ziaren, masy ziaren z kłosa oraz plonu słomy. Z kolei ujemna korelacja, istotna jedynie w technologii wysokonakładowej (A₂), wystąpiła pomiędzy plonem ziarna a liczbą ziaren z kłosa. Wyniki badań własnych wykazały również, iż w obu technologiach produkcji wzrost obsady kłosów na jednostce powierzchni wpływał ujemnie na liczbę i masę ziaren z kłosa, a w technologii wysokonakładowej (A₂) zwiększaniu liczby ziaren z kłosa towarzyszyło zmniejszenie dorodności ziaren.

Technologia produkcji, zróżnicowana poziomem nawożenia mineralnego i stosowanych środków ochrony roślin, istotnie różnicowała plon ziarna jak i słomy pszenżyta ozimego, co znajduje poparcie w literaturze. O pozytywnym wpływie azotu na plonowanie pszenżyta donoszą Wojtkowiak [2009 i 2013] i Knapowski [2010]. Pszenżyto ozime, w porównaniu z innymi roślinami zbożowymi, bardzo mocno reaguje na nawożenie azotem [Rozbicki i Samborski 2001]. Niedobór azotu prowadzi do chloroz przyspieszających wytwarzanie organów generatywnych, przy jednoczesnym wytwarzaniu małej liczby kwiatów decydujących w ostateczności o niskim plonie [Mercik 2004]. Niekorzystna jest również nadmierna dostępność azotu, szczególnie w późniejszych fazach rozwojowych roślin, ponieważ wpływa na obniżenie plonu ziarna w odniesieniu do masy słomy [Wojcieszka i in. 1990]. Korzystnie na plon ziarna wpływają także nawozy mikroelementowe [Wojtkowiak i Domska 2009, Knapowski 2009, Nadim i in. 2012]. Mikroelementy regulują procesy enzymatyczne, podnosząc efektywność nawożenia makroelementami [Majcherczak 2006]. W literaturze dostępne są również doniesienia mówiące o pozytywnym wpływie środków ochrony roślin na plon ziarna zbóż [Zbroszczyk 2009, Wilczewski 2014]. Wpływ regulatorów wzrostu na plonowanie roślin zbożowych nie jest natomiast jednoznaczny. Rozbicki [1997] i Harasim

[2013] stwierdzili niewielki wpływ zastosowanych retardantów na plon, natomiast Matysiak [1993] i Pawłowska [1994] donoszą o ich korzystnym wpływie, lecz po 2-krotnej aplikacji. W niniejszych badaniach, zwiększone nawożenie azotem i nawozami mikroelementowymi oraz dodatkowo zastosowanym regulatorem wzrostu i ochroną fungicydową w technologii wysokonakładowej (A_2) w porównaniu do technologii niskonakładowej (A_1), spowodowało zwiększenie plonu ziarna i słomy odpowiednio o 27% i 11%.

W 3-letnim okresie badań, najwyższy i stabilny plon ziarna w technologii niskonakładowej (A_1) dała krótkosłoma odmiana Agostino, natomiast w technologii wysokonakładowej (A_2) długosłoma odmiana Algoso. W technologii niskonakładowej (A_1) najwyższym plonem słomy odznaczała się odmiana Fredro i Borowik, a w wysokonakładowej (A_2) Pizarro, Borowik i Fredro, odmiany o tradycyjnej długości źdźbła.

Ze względu na fakt, iż właściwości fizyczne ziarna zbóż są cennym źródłem informacji dotyczących przechowywania czy przetwarzania [Gil 2001, Dziki i in. 2011], umożliwiających ocenę jakości i przydatności technologicznej ziarna [Haddad i in. 1999, Gaines i in. 1997], zagadnienie to zostało poddane analizie w badaniach własnych. Ziarno zbóż z powodu niewielkich rozmiarów i obecności bruzdki nie jest łatwym surowcem do określania właściwości fizycznych. Duże wewnątrz odmianowe zróżnicowanie masy ziarniaka powoduje konieczność stosowania w praktyce masy 1000 ziaren [Dziki i in. 2011]. Jest ona miarą dorodności ziarna, gdyż dobre wypełnienie ziarna zapewnia dużą wydajność mąki [Jurga 1994]. W badaniach własnych wykazano istotny wpływ technologii produkcji i odmiany na kształtowanie masy 1000 ziaren. Najbardziej dorodne ziarna wydała odmiana Baltiko, a najmniej odmiana Elpaso. Wykazano również, iż intensyfikacja technologii produkcji powoduje zwiększenie masy 1000 ziaren pszenżyta ozimego, co powiązać można ze zwiększonym nawożeniem azotem w technologii wysokonakładowej. Również w literaturze spotyka się wiele opinii o pozytywnym wpływie nawożenia azotem na masę 1000 ziaren [Noworolnik 2005, Śmiałowski 2003, Leszczyńska 2008]. Wpływ intensyfikacji wybranych zabiegów agrotechnicznych na cechy fizyczne ziarna zbóż określany był przez licznych autorów. W pracy Makowskiej [2008] wzrost masy 1000 ziaren orkisz odnotowano przy nawożeniu azotem w dawce $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, a dalsze zwiększanie nawożenia tym pierwiastkiem powodowało istotny wzrost wartości tej cechy. Także Sulewska [2007] uzyskała istotny wzrost dorodności ziarna pszenicy twardej już przy najmniejszej dawce nawożenia $50 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, jednak dalsze zwiększenie dawki azotu w zakresie od 50 do $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ nie powodowało istotnych zmian. Do podobnego wniosku doszły Tobiasz Salach i Bobrecka-Jamro [2006]

stwierdzając, że cecha ta u owsa nie ulega większym zmianom pod wpływem wzrastających dawek nawożenia azotem. Z kolei Ciołek i Makarska [2004] zauważyli zmniejszenie masy 1000 ziaren pszenicy ozimej przy wzroście nawożenia z 90 do 180 kg·ha⁻¹. Również Sułek [2003] wykazał niekorzystny wpływ nawożenia azotem w dużych dawkach na tę cechę. Dorodność ziarna, jego kształt oraz struktura powierzchni wpływają na gęstość ziarna w stanie zsywnym [Ceglińska i in. 2003]. Gęstość ta u analizowanych odmian pszenżyta ozimego mieściła się w granicach od 63,9 (odmiana Algos) do 69 kg·hl⁻¹ (odmiana Fredro) i była zgodna z normami dla tego gatunku zboża [Konopka 2013]. W przeprowadzonym doświadczeniu wykazano także istotny wzrost wartości tego wyróżnika wraz ze wzrostem intensywności technologii produkcji oraz zróżnicowanie odmianowe. Z kolei w pracach Woźniaka [2006] oraz Rachonia i Szumiły [2006] stwierdzono brak wpływu zabiegów agrotechnicznych na gęstość ziarna w stanie zsywnym. Brak reakcji upraw na wzrost chemicznej ochrony roślin obserwowano również w przypadku innych cech ziarna, takich jak celność [Panasiewicz 2009].

Biskupski i in. [1979] stwierdza, iż masa 1000 ziaren i gęstość w stanie zsywnym są uwarunkowane genetycznie, jednak w dużym stopniu podlegają zmiennemu wpływowi czynników środowiska. Znalazło to potwierdzenie w badaniach własnych, w których wpływ warunków pogodowych w okresie prowadzenia badań zaznaczył się w sposób istotny w odniesieniu do powyższych cech. Najmniejszą masą 1000 ziaren oraz gęstością w stanie zsywnym wyróżniało się ziarno z sezonu wegetacyjnego 2012/2013, charakteryzującego się najkrótszym okresem wegetacji i najbardziej obfitymi opadami podczas wschodów roślin oraz w fazie dojrzałości młeczej, woskowej i pełnej. W sezonie tym ziarno badanych odmian pszenżyta ozimego odznaczało się także najmniejszą celnością i dorodnością.

Analizując strukturę plonu ziarna pszenżyta ozimego, stwierdzono istotne jej zróżnicowanie spowodowane czynnikiem odmianowym, jak też warunkami pogodowymi w latach badań, co znajduje potwierdzenie w literaturze [Ceglińska 1996, Gil 1996]. W 3 letnim okresie badań, przeważającą masę ziarna stanowiła frakcja powyżej 2,8 mm (51%). Najbardziej dorodne ziarno frakcji najgrubszej powyżej 2,8 mm zebrano w sezonie wegetacyjnym 2013/2014 (64,6% całkowitego plonu), a najmniejszy udział tej frakcji w plonie stwierdzono w sezonie 2012/2013 (34,8%). Wielkość i wyrównanie ziarna to wyróżniki jakościowe mające istotny wpływ na przebieg procesów takich jak przesiewanie, obłuskiwanie czy rozdrabnianie [Sutton 1992]. W badaniach własnych najdorodniejszym ziarnem spośród ocenianych odmian

charakteryzowały się Borowik, Todan, Algoso i Agostino. Najbardziej celne ziarno należało do odmiany Agostino, zaś najmniejszą celnością cechowało się ziarno odmian Elpaso i Baltiko.

Ziarno pszenżyta posiada dużą wartość odżywczą. Zawiera w swoim składzie od 9,4 do 13,5% białka ogółem [Warechowska i Domska 2006], wyróżnia się ponadto mniejszą zawartością substancji nieżywniowych oraz wyższą strawnością w porównaniu z innymi zbożami [Sobczyk 2009]. Zawartość białka ogółem, tak w ziarnie pszenżyta jak i innych zbóż, nie jest wyłącznie cechą odmianową, ale zależy także od czynników siedliskowych oraz nawożenia i ochrony roślin [Shewy 2007, Stępień 2013, Pattison 2013]. Spośród wyżej wymienionych czynników, najsilniej oddziałującym na wielkość plonu oraz jego skład chemiczny jest azot [Kwiatkowski 2004], który stymuluje pobieranie innych składników i w największym stopniu wpływa na wzrost zawartości białka [Nowak 2003, Noworolnik 2000, Domska 1997]. W badaniach własnych zwiększenie dawki azotu z 88 kg (technologia A₁) do 128 kg ha⁻¹ (technologia A₂) przyczyniło się do istotnego wzrostu zawartości tego składnika organicznego w ziarnie pszenżyta ozimego. Zawartość białka ogółem w ziarnie była modyfikowana także przez czynnik odmianowy. Największą jego zawartością cechowało się ziarno odmiany Maestrozo, zawierające w swoim składzie 144g kg⁻¹s.m. białka i jednocześnie najmniej tłuszczu surowego - 10,3 g kg⁻¹s.m. Najwyższą zawartością tłuszczu wyróżniało się ziarno odmiany Algoso, 2-krotnie wyższą w porównaniu z odmianą Maestrozo najmniej zasobną w ten składnik pokarmowy. W badaniach własnych zaobserwowano także tendencję do zmniejszania zawartości tłuszczu w ziarnie w miarę wzrostu intensyfikacji technologii produkcji. Podobną zależność wykazali także inni autorzy [Givens 2004, Podolska 2009]. Zawartość tłuszczu surowego w ziarnie jest cechą genetyczną, jednak silnie modyfikowaną przez warunki pogodowe [Brown 1972]. W badaniach własnych zależność ta nie została potwierdzona statystycznie. Warunki pogodowe modyfikowały jednak zawartość białka ogółem w ziarnie, co znajduje potwierdzenie w innych badaniach. Alaru [2003] sugeruje, że zawartość białka w ziarnie pszenżyta bardziej zależy od warunków pogodowych w okresie wzrostu niż od poziomu nawożenia azotem.

Wartość biologiczna żywności uzależniona jest od ilości i rodzaju włókna pokarmowego [Biel 2012]. W badaniach własnych oznaczano włókno surowe - nierozpuszczalną część włókna pokarmowego. Z badań tych wynika, iż zawartość włókna surowego w ziarnie badanych odmian pszenżyta ozimego była zróżnicowana. Najmniejszą zawartością tego składnika odznaczała się odmiana Fredro (15,9 g kg⁻¹ s.m.), największą zaś Agostino (22,2 g kg⁻¹ s.m.).

Dominującym składnikiem ziarna zbóż jest skrobia. Jej zawartość w ziarnie pszenżyta jest zmienna i waha się od 50 do 85%, w zależności od takich czynników jak odmiana czy warunki pogodowe [Achremowicz 2013, Gil 2002, 1997, Haber 1994]. W przeprowadzonych badaniach odmiany pszenżyta ozimego zawierały średnio 60% skrobi w ziarnie, również lata istotnie różnicowały jej zawartość. Zarysowała się przy tym ujemna zależność pomiędzy zawartością skrobi w ziarnie a kumulacją białka ogółem, tłuszczu surowego i popiołu, zaś dodatnia z zawartością włókna surowego i BAW. Najwięcej skrobi, przy równocześnie najmniejszej zawartości białka ogółem, tłuszczu surowego i popiołu, kumulowały ziarniaki w sezonie 2013/2014. Odwrotną zależność odnotowano w sezonie 2012/2013, gdy plon ziarna był najniższy a dorodność ziarniaków najmniejsza. Nie potwierdza to zatem opinii Achremowicza [2014] o istnieniu zależności pomiędzy zawartością skrobi i białka ogółem w ziarnie, która przedstawia się w proporcji 5-6:1. W badaniach własnych stosunek ten uzyskano jedynie w sezonie 2013/2014 (5,1:1), natomiast w sezonach 2011/2012 i 2012/2013 proporcje te wynosiły odpowiednio 4,2:1 i 3,9:1.

Ziarna zbóż są cennym źródłem składników mineralnych. W przeprowadzonych badaniach ich zawartość w ziarnie pszenżyta ozimego wyrażona jako popiół całkowity wyniosła średnio 16,5 g kg⁻¹ s.m. Podobne wyniki uzyskał Gil [2001].

Wypadkową zawartości białka ogółem i wielkości plonu jest plon białka. W przeprowadzonych badaniach plon białka ogółem w ziarnie odmian pszenżyta ozimego wynosił średnio 874 kg ha⁻¹. Była to wartość zbliżona lub wyższa od stwierdzonych przez innych autorów [Wojtkowiak 2014, Knapowski 2010]. Wzrost poziomu intensywności technologii produkcji wpływał na zwiększenie plonu białka. W technologii wysokonakładowej (A₂) był on o 30% wyższy w porównaniu do technologii niskonakładowej (A₁). Wojtkowiak [2004] oraz Domska i Warechowska [2006] również wykazali pozytywny wpływ zwiększania nawożenia azotem (z 80 do 120 kg N ha⁻¹) na plon białka. Także Małecka [2004] w uprawie pszenżyta uzyskała najwyższy plon białka przy dawce 120 kg N ha⁻¹. Istotny wpływ na plon białka odegrały także warunki pogodowe w latach badań. Najwyższy plon białka uzyskano w sezonie wegetacyjnym 2011/2012, o najwyższym plonie ziarna, natomiast zawartość białka ogółem nie kształtowała się w tym sezonie na najwyższym poziomie. Wynika z tego, iż o plonie białka w większym stopniu decyduje plon ziarna, a w mniejszym jego procentowa zawartość w ziarnie.

Jednym z mierników wartości plonu ziarna jest jego wartość energetyczna, będąca wypadkową wielkości plonu, zawartości podstawowych składników organicznych i ich

współczynników strawności. Wartość energetyczna plonu ziarna badanych odmian pszenżyta ozimego wynosiła średnio $102\,421\text{ MJ ha}^{-1}$ i była modyfikowana przez technologię produkcji oraz poziom plonowania roślin w latach. Uczestniczące w doświadczeniu odmiany pszenżyta ozimego odznaczały się wyraźnie wyższą wartością energetyczną plonu w porównaniu z wartością energetyczną plonu pszenżyta, podawaną przez Sobkowicza [2006] i wynoszącą średnio 824 MJ ha^{-1} .

W badaniach oznaczono zawartość składników mineralnych w ziarnie. Zdaniem wielu autorów [Spychaj-Fabisiak 2005, Mut 2005, Nieróbca 2004] zawartość składników mineralnych ulega dużej zmienności pod wpływem rodzaju i zasobności gleby w przyswajalne składniki mineralne, nawożenia, warunków atmosferycznych podczas wegetacji roślin czy czynnika genetycznego. W badaniach własnych zawartość makro- i mikroelementów w ziarnie badanych odmian pszenżyta ozimego była zróżnicowana i zależała od zastosowanej technologii produkcji oraz czynnika odmianowego. Zwiększenie intensywności technologii produkcji wpłynęło na istotny wzrost zawartości fosforu w ziarnie. Zwiększanie zawartości fosforu w ziarnie pszenżyta jarego pod wpływem wzrostu nawożenia azotem wykazał w swoich badaniach również Karczmarczyk [1999, 2000], a Koc [1997] prowadząc badania z pszenżytem ozimym stwierdził odwrotną zależność. Z kolei Pisulewska [1998] nie dowiodła istotnego wpływu zróżnicowanych dawek azotu na zawartość tego mikropierwiastka w ziarnie pszenżyta. Odmianą wyróżniającą się pod tym względem była Fredro, zawierająca w ziarnie średnio $6,4\text{ g P}\cdot\text{kg}^{-1}$. Zdaniem Ścigalskiej [2000], wysoka zawartość fosforu w ziarnie świadczy o dużej wartości pokarmowej danej odmiany.

Zawartość potasu i wapnia różnicował jedynie czynnik odmianowy. Największą zawartością potasu w ziarnie odznaczała się odmiana Pizarro, a wapnia odmiany Baltiko i Elpaso. Podobnie jak w badaniach własnych, także Lewandowski i Kauer [2003] oraz Małecka [2004] nie wykazali istotnego wpływu nawożenia azotem na zawartość potasu w ziarnie badanych zbóż. Koszański [1994] odnotował z kolei spadek zawartości potasu wraz ze wzrostem nawożenia azotem, a Karczmarczyk [1999, 2000] przy zwiększaniu dawki z 80 do 120 kg N ha^{-1} stwierdził wzrost zawartości potasu w ziarnie pszenżyta o ok. 6%. Również badania Pisulewskiej [1998] potwierdziły najwyższą zawartość potasu przy nawożeniu dawką 120 kg N ha^{-1} . Karczmarczyk [2000] wykazał, iż dawka 150 kg N ha^{-1} wpływa na istotny wzrost zawartości wapnia w ziarnie. Statystycznie udowodnionego wpływu dawki azotu na zawartość tego makroelementu w ziarnie zbóż, podobnie jak w badaniach własnych, nie stwierdzili jednak inni autorzy [Koszański 1994, Kruczek 1998, Pisulewska 1998].

Knapowski [2010] oraz Wojtkowiak i Domska [2009] wskazują na zwiększanie plonu i zawartości mikroelementów w ziarnie w wyniku stosowania nawozów mikroelementowych w połączeniu z mineralnymi. W badaniach własnych zawartość sodu w ziarnie odmian pszenżyta ozimego kształtowała się na poziomie średnio $0,06 \text{ g kg}^{-1}$. Podobną zawartość sodu w ziarnie pszenżyta jarego ($0,05 - 0,06 \text{ g Na kg}^{-1}$) uzyskała Ścigalska [2000]. W przeprowadzonym eksperymencie nie wykazano natomiast istotnego wpływu odmiany i technologii produkcji na zawartość omawianego makroelementu. Potwierdzają to również badania Kruczka [1998] i Pisulewskiej [1998]. Technologia produkcji i odmiana nie kształtowały znacząco także zawartości magnezu w ziarnie, natomiast jedynie w przypadku żelaza i manganu uzyskano ich istotnie wyższą kumulację w ziarnie pochodzącym z technologii wysokonakładowej (A_2).

Optymalna zawartość poszczególnych pierwiastków nie jest gwarancją prawidłowego przebiegu procesów biochemicznych zachodzących w roślinach. Ich przebieg jest bowiem uzależniony od właściwych stosunków jonowych pomiędzy pierwiastkami, które roślina pobrała [Krzywy 2002]. Także Filipek [1987] uważa, iż utrzymanie równowagi kationowo-anionowej jest jednym z elementarnych czynników wpływających na prawidłowy przebieg metabolizmu roślin. Proporcje pomiędzy makroskładnikami decydują o równowadze jonowej w ziarnie, będącego składnikiem diety człowieka lub też przeznaczonym na pasze dla zwierząt. Za szczególnie ważne kryterium oceny pasz uważa się proporcję $K:(Ca+Mg)$, której wartość nie powinna być większa niż 2,2 [Falkowski 2000]. Czuba [1988] podaje, iż w paszach z użytków zielonych optymalnym jest stosunek jonowy mieszczący się w zakresie 1,6 - 2,2. W przeprowadzonych badaniach wartość proporcji $K:(Ca+Mg)$ wynosiła średnio 1,5. Wartość tego stosunku istotnie różnicował czynnik odmianowy. Najwyższe jego wartości uzyskano u odmian Baltiko i Todan (odpowiednio 1,62 i 1,61), istotnie wyższe w porównaniu do Agostino (1,4).

Ograniczenie przyswajalności P przez zwierzęta następuje w sytuacji, gdy stosunek $Ca:P$ wynosi 1:1 [Kocoń 1997]. Za odpowiednią uznaje się proporcję 2:1, gdyż stosunek $Ca:P$ w układzie kostnym kształtuje się na takim poziomie. Wartości stosunku $Ca:P$ w ziarnie pszenżyta ozimego były wyraźnie niższe od wymaganych dla dobrej paszy i wynosiły średnio 0,015, z dużym zróżnicowaniem odmianowym. Najwyższą wartość tej proporcji (średnio 0,045) stwierdzono w ziarnie odmiany Elpaso, a najmniejszą w ziarnie odmian Fredro i Maestrozo (0,03). Z kolei wartość stosunku $K:Na$ w ziarnie pszenżyta ozimego była ponad 17-krotnie większa od 5, uznawanej za optymalną przez Falkowskiego [2000]. Odmiana

i technologia produkcji nie wpływały w istotny sposób na kształtowanie relacji K:Na, podobnie jak proporcji Mn:Cu. Zdaniem Falkowskiego [2000] wartość stosunku Fe:Mn powinna mieścić się w zakresie od 1,5 do 2,5, jednak u wszystkich badanych odmian wartości tej proporcji były niższe. W przypadku stosunku Fe:Mn, jak też Mn:Zn stwierdzono jedynie istotne zróżnicowanie odmianowe. Odmiana Elpaso wykazała się istotnie wyższymi w odniesieniu do Fredro i Pizarro wartościami relacji Fe:Mn, a mniejszą wartością stosunku Mn:Zn w porównaniu do Algoso. Analiza wartości omawianych stosunków jonowych wykazuje zatem na niezbyt korzystny skład chemiczny ziarna wszystkich badanych odmian pszenżyta ozimego jako źródła pożywienia, a technologia produkcji nie wpływała znacząco na kształtowanie żadnego z nich.

8. Wnioski

1. Technologia produkcji jak też czynnik odmianowy nie miały wpływu na wzrost i rozwój roślin pszenżyta ozimego do fazy krzewienia (BBCH 21). W dalsze fazy rozwojowe w technologii wysokonakładowej rośliny wchodziły o około 2 dni później niż w technologii niskonakładowej. Terminy wchodzenia roślin w poszczególne fazy rozwojowe i długość ich trwania zależała głównie od przebiegu warunków pogodowych w latach badań.
2. Technologia produkcji nie różnicowała istotnie zawartości chlorofilu i przebiegu wymiany gazowej w liściu flagowym, a także wskaźników struktury przestrzennej ładu, natomiast istotnie wpłynęła na wzrost wartości wskaźnika potencjalnej wydajności PS II (F_v/F_m) w fazach BBCH 32 i 51-54 oraz funkcjonowania PS II (PI) w fazach BBCH 32 i 73.
3. Największą zawartością chlorofilu w fazach BBCH 32, 51-54 i 73 wyróżniły się odmiany Elpaso, Borowik, Alekto i Agostino, a wskaźnik powierzchni liści (LAI) kształtował się najkorzystniej u odmian Baltiko, Elpaso i Alekto. Najwyższymi wartościami parametrów F_v/F_m i PI cechowała się najwyżej plonująca odmiana Agostino. Najwyższą intensywnością fotosyntezy netto (P_n) charakteryzowały się odmiany Agostino i Fredro, intensywnością transpiracji (E) - Alekto, przewodnictwem szparkowym (G_s) - Agostino i Alekto, a stężeniem wewnątrzkomórkowym CO_2 (C_i) - Todan. Do najefektywniej gospodarujących wodą należały odmiany Pizarro i Maestrozo.
4. Intensyfikacja technologii produkcji wpłynęła na zmniejszenie wysokości roślin oraz istotny wzrost obsady kłosów na $1m^2$, masy ziaren z kłosa, masy 1000 ziaren i gęstości ziarna w stanie zsywnym. Największym zagęszczeniem kłosów na jednostce powierzchni wyróżniła się najwyżej plonująca odmiana Agostino, a rośliny odmiany Borowik posiadały najdłuższe źdźbła, najwyższą masę ziarna z kłosa i masę 1000 ziaren, odmiana Todan - najdłuższe kłosa, Elpaso - największą liczbę ziaren w kłosie, a Fredro - największą gęstość ziarna w stanie zsywnym.
5. W technologii wysokonakładowej stwierdzono istotny wzrost plonu ziarna (o 27,5%), słomy (o 11,5%) i białka (o 31,2%) oraz wartości energetycznej plonu ziarna (o 27,5%), jak też tendencję wzrostu celności ziarna, w porównaniu do technologii niskonakładowej. Zastosowanie technologii wysokonakładowej ograniczyło również występowanie na roślinach chorób powodowanych przez grzyby, a największą odpornością na te patogeny wykazała się odmiana Pizarro.

6. Najwyższym plonem ziarna w technologii niskonakładowej charakteryzowała się krótkosłoma odmiana Agostino, natomiast w technologii wysokonakładowej badane odmiany plonowały na zbliżonym poziomie. Najwyższą celnością ziarna wyróżniła się odmiana Agostino. Długosłome odmiany Fredro i Pizarro wydały najwyższy plon słomy, a Fredro i Alekto – najwyższy plon białka.
7. W obu technologiach produkcji plon ziarna był dodatnio skorelowany z masą ziaren z kłosa, masą 1000 ziaren, długością kłosa, obsadą kłosów na 1 m² i plonem słomy oraz parametrami wymiany gazowej (Pn, Gs), a ujemnie skorelowany z indeksem powierzchni liści LAI. W technologii niskonakładowej stwierdzono dodatnią zależność pomiędzy plonem ziarna i parametrami fluorescencji chlorofilu: F_v/F_o , F_v/F_m , PI, natomiast w technologii wysokonakładowej z F_v/F_o oraz F_v/F_m - tylko w fazie BBCH 73.
8. Zwiększenie intensywności technologii produkcji wpłynęło na istotny wzrost zawartości w ziarnie pszenżyta ozimego białka ogółem oraz P, Fe i Mn, nie modyfikowało natomiast istotnie wzajemnych relacji pomiędzy pierwiastkami. Największą koncentracją białka ogółem w ziarnie wyróżniała się odmiana Maestrozo, a tłuszczu surowego, skrobi i BAW - Algosó. Najwięcej K, Mg, Mn i Cu zawierało ziarno odmiany Pizarro, P i Zn - Fredro, a Ca i Fe - Elpaso.
9. Ziarno odmian pszenżyta ozimego charakteryzowało się zbyt niskimi w odniesieniu do wymagań pokarmowych zwierząt wartościami proporcji Fe:Mn i Ca:P, a wysokimi K:Na. Najbardziej zbliżone do optymalnych wartości stosunku K:(Ca+Mg) występowały u odmian Todan i Baltiko, proporcji Ca:P - u Elpaso i Baltiko, Fe:Mn – u Elpaso, a Mn:Zn – u Algosó.

Literatura

1. Abby K., van den Berg A. K., Perkins T.D. 2005. Nondestructive estimation of anthocyanin content in autumn sugar maple leaves. Hort. Sci. 40(3): 685-686
2. Achremowicz B., Ceglińska A., Gambuś H., Haber T., Obiedziński M. 2014. Technologiczne wykorzystanie ziarna pszenżyta. Post. Tech. Przet. Spoż. 1: 113-120
3. Achremowicz B., Gambuś H., Haber T. 2013. Wykorzystanie skrobi z pszenżyta. Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego. 23/42(1): 112-117
4. Adamiak E., Zawiślak K., Adamiak J. 2000. Reakcja pszenżyta ozimego na sześćioletnią monokulturę. Folia Univ. Agric. Stetin. 206: 9-14
5. Alaru M., Laur U., Jaama E. 2003. Influence of nitrogen and weather conditions on the grain quality of winter triticale. Agronomy Research 1: 3-10
6. Arendt E.K., Zannini E. 2013. Cereal grains for the food and beverage industries. WP Series in Food Science, Technology and Nutrition: 201-219
7. Argenta S., Silva P. R., da Bartolini C. G. 2001. Leaf chlorophyll as an index of nitrogen status in cereal. Cincia Rural 31: 715-722
8. Arseniuk E., Oleksiak T. 2002. Production and breeding of cereals in Poland. Proc. 5th Int. Triticale Symp., IHAR Radzików, Poland, 30 June- 5 July 2002. 1: 11-20.
9. Arseniuk E., Czembor H.J. Sowa W., Krysiak H. 1990. Wstępne badania nad septoriozą pszenżyta. Biul. IHAR 173/174: 65-69
10. Arseniuk E., Góral T., Czembor H. J. 1993. Reaction of triticale, wheat and rye accessions to graminaceous *Fusarium* spp. at the seedling and adult plant stages. Euphytica 70: 175-183
11. Arseniuk E., Krzymuski J., Martyniak J., Oleksiak T. 2003. Historia hodowli i nasiennictwa na ziemiach polskich w XX wieku. Krzymuski J. (red.). Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików: 76-77
12. Arseniuk E., Oleksiak T. 2009. Postęp w hodowli głównych roślin uprawnych w Polsce i możliwość jego wykorzystania do 2020 roku. Studia i Raporty IUNG - PIB, 14: 293-305.
13. Arseniuk E., Oleksiak T. 2011. Dlaczego zboża. Zboża wysokiej jakości. Agro Serwis: 5-10
14. Ashraf M.Y., Azhar N., Hussain M. 2006. Indole acetic acid (IAA) induced changes in growth, relative water contents and gas exchange attributes of barley (*Hordeum Vulgare* L.) grown under water stress conditions Pl. Growth. Regul., 50: 85-90
15. Assmann S.M. 1999. The cellular basis of guard cell sensing of rising CO₂. Plant cell Environ, 22: 629-637
16. Bach Knudsen K.E. 1997. Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. Animal Feed Science and Technology 67: 319-338
17. Baker N.R. 2008. Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis in vivo, Annu. Rev. Plant Biol., 59: 659-668
18. Baker N.R., Rosenqvist, E. 2004. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities, Journal of Experimental Botany, 55: 1607-1621
19. Banaszak Z., Kaczmarek Z., Pojmaj M., Trąbka A., Kaźmierczak P., Czerwińska E., Kurlito D. 2005. Wpływ zróżnicowanych warunków środowiska na plonowanie pszenżyta ozimego w latach 2003 i 2004. Biuletyn IHAR. 235: 191-202
20. Baocy SA, Keser M, Taner S., Tayurek T. 2004. Triticale in Turkey, in Triticale Improvement and Production, ed. by Mergoun M and Gomez-Macpherson H. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome: 149-154

21. Barczak B., Majcherczak E. 2008. Wpływ zróżnicowanego nawożenia siarką na wybrane elementy struktury plonu jęczmienia jarego. *J. of Central European Agriculture*, 9(4): 777-784
22. Barczak B., Nowak K., Kozera W., Majcherczak E. 2006. Wpływ nawożenia mikroelementami a zawartość kationów w ziarnie owsa. *J. Elementol.*, 11(1): 13–20
23. Barraclough P.B., Kyte J. 2001: Effect of water stress on chlorophyll meter readings in winter wheat. *Plant nutrition-Food security and sustainability of agroecosystems*. Kluwer Academic Publishers: 722-723
24. Bennett F.G.A 1984. Resistance of powdery mildew in wheat:a review of its use in agriculture and breeding programmes. *Plant Pathol.*33: 279-330
25. Berry P.M., Griffin J.M., Sylvester-Bradley R.E., Scott R.K., Spink J.H., Baker C.J., Clare R.W. 2000. Controlling plant form through husbandry to minimalise lodging in wheat. *Field Crop Res.* 67: 59–81
26. Bertholdsson N.O., Stoy V. 1995. Accumulation of biomass and nitrogen during plant growth in highly diverging genotypes of winter wheat. *J. Agron. Crop Sci.* 175: 167-182
27. Biel W., Maciorowski R. 2012. Ocena wartości odżywczej ziarna wybranych odmian pszenicy. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.*2(81): 45-55
28. Biskupski A., Bogdanowicz M., Subda H. 1992. Wartość technologiczna ziarna pszenżyta. Cz I. Charakterystyka biochemiczna i technologiczna. *Hod.Rośl. Aklim.*, 36(3/4): 73-89
29. Biskupski A., Kus A., Pabin J., Włodek S. 2004. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem na wskaźnik powierzchni liści (LAI), średni kąt nachylenia liści (MTA) i plon wybranych odmian pszenicy twardej. *Ann. UMCS, Sec. E*, 59, 2: 649-654
30. Biskupski A., Kus A., Włodek S., Pabin J 2007. Zróżnicowanie nawożenia azotem a plonowanie i wybrane wskaźniki architektury łanu odmian pszenicy jarej. *Inż. Rol.* 3: 29-36
31. Biskupski A., Subda H., Bogdanowicz M. 1979. Skład chemiczny i właściwości technologiczne ziarna pszenżyta /Triticale/. *Hod. Rośl. Aklim.* 23, 6: 381 - 392
32. Biskupski A., Włodek S., Pabin J. 2009. Wpływ zróżnicowanej uprawy roli na wybrane wskaźniki architektury łanu i plonowanie roślin. *Fragm.Agron.* 26 (4): 7-13
33. Bjorkman O., Demmig B. 1987. Photon yield of O₂ evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77 K among vascular plants of diverse origins, *Planta* 170: 489–504
34. Blatt M.R. 2000. Cellular signaling and Volume control in stomatal movements in plants. *Annual Review of Cell Development Biology*16: 221–241
35. Bleharczyk A., Śpitalniak J., Małecka I. 2006. Wpływ doboru przedplonów oraz systemów uprawy roli i nawożenia azotem na plonowanie pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.*, 23, 2(90): 273-286
36. Bochenek A., Grzesiuk S. 2002. Fizjologiczna asymilacja CO₂, wody i światła w tworzeniu plonów. *Fizjologia plonowania* .Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego:160-185
37. Bolhar-Nordenkamp H.R., Öquist G. 1993. Chlorophyll fluorescence as a tool in photosynthesis research. In: *Photosynthesis and production in a changing environment. A field and laboratory manual*. Eds. O.O. Hall et al.) Chapman Hall, London, 12: 193-206
38. Boros D. 1999. Influence of R genome on the nutritional value of triticale for broiler chicks. *Anim. Feed Sci. Technol.* 76: 219-226
39. Boros D. 2002. Physio-chemical quality indicators suitable in selection of triticale for high nutritive value, in *Proceedings of the 5thInternational Triticale Symposium*, ed. by Arseniuk E., Radzików, Poland: 239–244
40. Brand T.S., Olckers R.C. and Vandermerwe J.P. 1995. Triticale (tritico-secale) as substitute for maize in pig diets. *Anim.Feed Sci. Technol.*,53: 345–352.

41. Brown C.M., Craddock J.C. 1972. Oil content and groat weight of entries in the world oat collection. *Crop Science* 12: 514-515
42. Bruening W.P., Egli D.B. 1999. Relationship between photosynthesis and seed number at phloem isolated nodes in soybean. *Crop Science* 39: 1769-1775
43. Brzozowska I., Brzozowski J. 2011. Effectiveness of weed control and the yield of winter triticale depending on the tending method and nitrogen fertilization. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 10(4): 25-33
44. Brzozowska I., Brzozowski J. 2013. Plon i elementy plonowania pszenżyta ozimego w zależności od metody pielęgnacji i sposobu nawożenia azotem. *Fragm. Agron.* 30(1): 7-19
45. Brzozowska I., Brzozowski J., Hruszka M., Witkowski B. 2008. Effect of herbicides and herbicide combinations and of the method of nitrogen application on winter wheat yielding and yield structure. *Acta Agrophys.* 11(1): 34-44
46. Brzozowska I., Hruszka M., Brzozowski J., Kurowski T.P. 2010. Wpływ różnych sposobów pielęgnacji i nawożenia azotem na wartość pokarmową białka ziarna pszenżyta jarego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 547: 43-55
47. Buckley T.N., Mott K.A. 2002. Stomatal water relations and the control of hydraulic supply and demand. *Progress in Botany*, 63: 309-325
48. Bujak H., Tratwal A., Walczak F. 2012. Zmienność plonowania i cech użytkowych odmian pszenżyta ozimego w Winnej Górze. *Ann. UMCS, Sect. E Agricultura*, 67(3): 1-11.
49. Buraczyńska D., Ceglarek F. 2008. Plonowanie pszenicy ozimej uprawianej po różnych przedplonach. *Act. sci. Pol. Agricultura* 7(1): 27-37
50. Buraczyńska D., Ceglarek F. 2009. Plonowanie pszenżyta ozimego w zależności od przedplonu. *Fragm. Agron.* 26(1): 9-18
51. Buśko M. 2005. Badanie zawartości metabolitów grzybowych w ziarnie pszenicy i pszenżyta po inokulacji kłosów *Fusarium culmorum* (W.G.Sm.) Sacc. Praca Doktorska. Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu: 116
52. Butler W.L., 1966. Fluorescence yield in photosynthetic systems and its relation to electron transport, *Curr. Top. Bioenerg.* 1: 49-73
53. Butler W.L., Kitajima M., 1975 Fluorescence quenching in photosystem II of chloroplasts, *Biochim. Biophys. Acta* 376: 116-125
54. CAC-FAO/WHO – ALINORM 06/29/26 Codex Alimentarius commission FAO/WHO Food Standards programme. Geneva, Switzerland, 3 - 8 July 2006: 62-63
55. Caruso C.M., Maherali H., Mikulyuk A., Carlson K., Jackson R.B. 2005. Genetic variance and covariance for physiological traits in *Lobelia*: are there constraints on adaptive evolution? *Evolution* 59: 826-837
56. Ceglińska A., Haber T. 2001. Wartość technologiczna wybranych odmian pszenżyta ozimego. *Biul. IHAR*, 218/219: 315-321
57. Ceglińska A. Cacak-Pietrzak G. 1996. Charakterystyka technologiczna wybranych krajowych odmian pszenżyta w zależności od miejsca uprawy. *Przegl. Zboż.-Młyn.* 40(8): 26 - 29
58. Ceglińska A., Cacak-Pietrzak G., Haber T., Nita Z., Karnasiewicz E. 2003. Współzależności pomiędzy cechami jakościowymi rodów pszenicy ozimej. *Biul. Inst. Hod. I Aklim. Rośl.* 230: 65-71
59. Ceglińska A., Haber T., Stępnia I. 1998. Wartość technologiczna wybranych odmian i rodów pszenżyta ozimego. *Biul. Zak. Tech. Zbóż, Nas. Oleist. I Kon. Spoż.* 7(6). Dodatek do *Przegl. Piek. I Cuk.* 46. 7: 15-17
60. Ceglińska A., Samborski S., Rozbicki J., Cacak- Pietrzak G., Haber T. 2005. Ocena wartości przemiałowej i wypiekowej odmian pszenżyta ozimego w zależności od nawożenia azotem. *Pam. Puł.* 139: 39-46

61. Chaves M.M., Pereira J.S., Maroco J., Rodrigues M.I., Ricardo C.P.P., Osio M.L., Cavalho I., Faria T., Pinheiro C. 2002. How plant cope with water stress in the field. Photosynthesis and growth. *Ann. Bot.* 89: 907-916
62. Chen Y., Sharma-Shivappa R.R., Keshwani D. and Chen C. 2007. Potential of agricultural residues and hay for bioethanol production. *Appl Biochem Biotechnol* 142: 276–290
63. Cieřlicki W., Toboła P. 2007. Wpływ regulatorów wzrostu na pokrój roślin i plonowanie rzepakujarego. *Prog. Plant Prot./ Post. Ochr. Rośl.* 47 (3): 60-63
64. Ciftci I., Yenice E. and Eleroglu H. 2003. Use of triticale alone and in combination with wheat or maize: effects of diet type and enzyme Supplementation on hen performance, egg quality, organ weights, intestinal viscosity and digestive system characteristics. *Anim FeedSci Technol* 105: 149–161
65. Ciołek A., Makarska E. 2004. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem i ochrony chemicznej na wybrane parametry jakościowe pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.) *Ann.UMSC, Sect.E* 59(2): 777–784
66. COBORU 2015. Lista odmian roślin rolniczych wpisanych do krajowego rejestru w Polsce. DOI: www.coboru.pl/Polska/Rejkestr/odm_w_rej.aspx?Kodgatunku=PZZO (06.10.2015)
67. Condon A.G., Richards R.A., Rebetzke G.J., Farquhar G.D. 2002. Improving intrinsic water-use efficiency and crop yield. *Crop Sci* 42: 122–131
68. Cooper K.V., Jessop R.S., and Darvey N.L. 2004. Triticale in Australia, in *Triticale Improvement and Production*, ed. by Mergoun M and Gomez-Macpherson H. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome: 87–92
69. Costa M.L., Civello P.M., Chaves A.R., Martinez G.A. 2005. Effect of ethephon and 6-benzylaminopurine on chlorophyll degrading enzymes and peroxidase-linked chlorophyll bleaching during post-harvest senescence of braccoli (*Brassica oleracea* L.) at 20°C. *Postharv. Biol. Tech.*, 35: 191-199
70. Cox W. J. Otis D. J. 1989. Growth and yield of winter wheat as influenced by chlormequat chloride and ethephon. *Agr. J.* 81: 264-270
71. Cuchija T. 1978. Citologiczeskaja stabilnost' triticale. *Tritikale. Moskva, Kolos*: 80-105
72. Cui N., Du T., Li F., Tong L., Kang S., Wang M., Liu X., Li Z. 2009. response of vegetative growth and fruit development to regulated deficit irrigation of different growth stages of pear- jujube tree. *Agr. Water Manage* 96: 1237-1246
73. Cyfer R. 2008. Lista opsowa odmian. Rośliny rolnicze. Pszenżyto ozime. COBORU, Słupia Wielka: 89-97
74. Czajkowski G., Strzembicka A., Kraska K. 2011. Wirulencja populacji *Puccinia triticina*, sprawcy rdzy brunatnej pszenicy i pszenżyta w Polsce w latach 2008-2010. *Biul. IHAR* 260/261: 145-153
75. Czembor H.J., Doraczyńska O., Czembor J.H. 2013. Odporność odmian pszenżyta na mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* f. ssp.) występującego w Polsce. *Biul. IHAR* 267: 3-16
76. Czerednik A., Nalborczyk E. 2000. Współczynnik wykorzystania napromieniowania fotosyntetycznie aktywnego (RUE) – nowy wskaźnik fotosyntetycznej produktywności roślin w łanie. *Biul. IHAR* 215: 13-22
77. Czuba R. (red.) 1996. Nawożenie mineralne roślin uprawnych. Wyd. Zakłady Chemiczne Police, Police: 413
78. Czuba R., Mazur T. 1988. Wpływ nawożenia na jakość plonów. PWN, Warszawa 291-292
79. Danyte V., Pecio A. 2009. Wpływ warunków pogodowych na porażenie zbóż ozimych patogenami liści i kłosów. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 49(1): 191-196

80. Demming B., Bjorkman O. 1987. Comparison of effect of excessive light on chlorophyll fluorescence and photon yield of CO₂ evolution in leaves of higher plants. *Planta* 171: 171-184
81. Dennett A.L., Schofield P.R., Roake J.E., Howes N.K. and Chin J. 2009. Starch swelling power and amylose content of triticale and *Triticum timopheevii* germplasm. *J Cereal Sci* 49:393–397
82. Dmowski Z., Dzierżyc H., Nowak. 2001. Plonowanie pszenżyta na Dolnym Śląsku w zależności od gleby, odmiany i lat oraz od sumy i rozkładu opadów. Cz. I. Pszenżyto ozime. *Fragm. Agron.* 69: 92-101
83. Domska D., Bobrzecka D., Wojtkowiak K., Procyk Z. 1997. Wpływ technologii nawożenia mikroelementami na plonowanie pszenżyta jarego i zawartość azotu w ziarnie. *Zesz. Nauk. AR Szczecin* 175, Rol.65: 85–90
84. Domska D., Warechowska M. 2006. Effect of triticale cultivation technic on protein yield production value. *Folia Univ. Agric. Stetin. Agricultura* 247(100): 45-48
85. Domska D., Warechowska M., Wojtkowiak K. 2004. Wpływ technologii nawożenia pszenżyta na zawartość niektórych składników pokarmowych w glebie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* z. 499; 63 – 68.
86. Downs C.G., Somerfield S.D., Davey M.C. 1997. Cytokinin treatment senescence but not sucrose loss in harvested braccoli. *Postharv. Biol. Technol.*, 11: 93-100
87. Drzewiecki J., Tikhenko N.D., Tsvetkova N.V. 2008. Współdziałanie genomów pszenicy Chinese Spring i linii wsobnych żyta w pszenżycie na przykładzie ekspresji genów kodujących prolaminę ziarniaków. *Biul. IHAR* 249: 85-99
88. DYREKTYWA KOMISJI 2008/100/WE z dnia 28 października 2008 r. zmieniająca dyrektywę Rady 90/496/EWG w sprawie oznaczania wartości odżywczej środków spożywczych w odniesieniu do zalecanego dziennego spożycia, współczynników przeliczeniowych energii oraz definicji DOI: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX:32008L0100> (20.03.2013)
89. Dzienia S., Romek B. 1993. Reakcja zbóż na przedplony roślin strączkowych. *Rocz. AR Poznań. Rolnictwo*, 243(41): 139-147
90. Dzik D., Różyło R., Laskowski J., Grundas S. 2011. Ocena właściwości fizycznych ziarna pszenicy przy wykorzystaniu analizatora pojedynczych ziarniaków. *Inż. Roln.* 1(126): 39-46
91. Estrada-Campuzano, G., Miralles, D.J. & Slafer, G.A. 2008. Genotypic variability and response to water stress of pre and post anthesis phases in triticale. *European Journal of Agronomy*, 28: 171-177
92. Eudes F. 2006. Canadian triticale biorefinery initiative, in *Proceedings of the 6th International Triticale Symposium*, Stellenbosch, South Africa, ed. by Botes WC, Boros D, Darvey N, Gustafson R, Jessop R, Marais GF, et al ITA & SU-PBL, Stellenbosch: 85–88
93. Faber A. 2000. Efektywność wykorzystania promieniowania świetlnego przez pszenicę ozimą uprawianą na różnych glebach. *Fragm. Agron.* 4(68): 46-52
94. Faber A., Nieróbca A. 1999. Prognozowanie plonu pszenicy ozimej na podstawie indeksu powierzchni liści. *Fragm. Agron.* 1(61): 59-67
95. Falkowski M., Kukuła I., Kozłowski S. 2000. Właściwości chemiczne roślin łąkowych. *AR Poznań*: 132
96. Feibo W., Lianghuan W., Fuhua X. 1998. Chlorophyll meter to predict nitrogen sidedress requirements for short-season cotton (*Gossypium hirsutum* L.) *Field Crops Research* 56: 309–314
97. Feuillet C., Keller B. 1998. Molecular aspects of biotic stress resistance in wheat. *Pro. 9th Int. Wheat Genet. Symp.* Saskatoon, Saskatchewan, Canada: 171-177

98. Filipek T. 1987. Wysycenie kompleksu sorpcyjnego gleby kationami oraz równowaga jonowa w roslinach w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem i potasem. Lublin. Rozp. Nauk. 104
99. Follett R.H., Follett R.F., Halvorson A.D. 1992: Use of chlorophyll meter to evaluate the nitrogen status of dry land winter wheat. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 23: 687-697
100. Food and Agriculture Organization, 2014 DOI: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E> (17.07.2014)
101. Foster K. R. Reid D. M., Taylor J. S. 1991. Tillering and yield responses to ethephon in three barley cultivars. *Crop Sci.* 31: 130 – 134
102. Fotyma E. 2003. Wpływ nawożenia siarką na wykorzystanie azotu z nawozów mineralnych przez rośliny uprawy polowej. *Naw. Nawoż./Fert. Fertil.* 4: 117–136
103. Fotyma M., Fotyma E. 1993. Struktura plonu zbóż ozimych zależnie od nawożenia azotem. *Fragm. Agron.* 10(4): 101-102
104. Fotyma M., Fotyma E., Maćkowiak H. 1992 a. Wycena efektu bezpośredniego i następczego nawożenia azotem w dwupolowych członach zmianowań. *Pam. Puł.*, 100: 37-57
105. Fotyma M., Fotyma E., Pietrasz-Kęsik G. 1992 b. Wykorzystanie azotu z nawozów przez rośliny uprawy polowej. *Pam. Puł.*, 101: 8-33
106. Francis D.D., Piekielek W.P. 2012. Assessing Crop Nitrogen Needs with Chlorophyll Meters. *Site- Specific Management Guidelines.* 12: 1-4
107. Franks P.J., Buckley T.N., Shope J.C., Mott K.A. 2001. Guard cell Volume and pressure measured concurrently by confocal microscopy and the cell pressure probe. *Plant Physiology* 125: 1577–1584
108. Fu J., Huang B., Zhang G. 2000. Physiological and biochemical changes during seed filling in relation to leaf senescence in soybean. *Biol. Plantarum* 43(4): 545-548
109. Gaines C.S., Finney P.L., Andrews C. 1997. Influence of kernel size and shriveling on soft wheat milling and baking quality. *Cereal Chemistry*. 74: 700-704
110. Gaj R. 2012. The effect of different phosphorus and potassium fertilization on plant nutrition in critical stage and yield of winter triticale. *Journal of Central European Agriculture*, 13(4): 704-716
111. Gaj R., Klikocka H. 2011. Wielofunkcyjne działanie siarki w roślinie od żywienia do ochrony. *Prog. Plant Prot./Post.Ochr.Roślin* 51(1): 33-34
112. Galantini J.A., Landiscini M.R., Iglesias J.O., Miglierina A.M., Rosell R.A. 2000. The effects of crop rotation and fertilization on wheat productivity in the Pampean semiarid region of Argentina. 2. Nutrient balance, yield and grain quality. *Soil Till. Res.* 53: 137–144
113. Gąsiorowska B., Koc G., Buraczyńska D., Struk K. 2011. Wpływ warunków pogodowych na plonowanie zbóż uprawianych w Rolniczej Stacji Doświadczalnej w Zawadach. *Infr. i Ekol. Ter. Wiej.PAN* 6: 91-99
114. Geber M.A., Dawson T.E. 1997. Genetic variation in stomatal and biochemical limitations to photosynthesis in the annual plant, *Polygonum arenastrum*. *Oecologia* 109: 535–546
115. Geber M.A, Griffin L.R. 2003. Inheritance and natural selection on functional traits. *Int J Plant Sci* 164: 21–42
116. Genty B., Briantais J.M., Baker N.R. 1989. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence, *Biochim. Biophys. Acta* 990: 87–92
117. Gil Z. 1996. Wartość technologiczna odmian pszenżyta jarego i ozimego w zależności od warunków środowiska. *Zesz. Nauk. AR Wroc.* 298: 1 -90
118. Gil Z. 2001. Charakterystyka cech fizycznych, chemicznych i przemysłowych ziarna pszenżyta jarego i ozimego. *Biul.Inst. Hod. i Aklim. Rośl.* 220: 139-146

119. Gil Z. 2002. Effect of physical and chemical properties of Triticale grain in its milling value. *Plant Breeding and Seed Science* 46(10): 23-29
120. Gil Z., Narkiewicz-Jodko M. 1997. Wartość przemiałowa i wypiekowa pszenżyta jarego i ozimego w zależności od nawożenia azotem i przedplonu. *Biul. IHAR* 201: 122-141
121. Giunta F., Motzo R., Deidda M. 2002. SPAD reading and associated leaf traits in durum wheat, barley and triticale cultivars. *Euphytica*, 125 (2): 197-205
122. Givens D.I., Devis T.W., Laveric R.M. 2004. Effect of variety nitrogen fertilizer and various agronomic factors on the nutritive value of husked and naked oats grain. *Animal Feed Science and Technology*. 113: 169-181
123. Giza-Podleśna A. 1993. Dynamika przyrostu masy i pobierania składników pokarmowych przez pszenżyto ozime w porównaniu z pszenicą i żytem. Praca doktorska IUNG Puławy
124. Glenn E.P., Huete A.R., Nelson P.L., Nelson S.G. 2008. Relationship between Remotely-sensed Vegetation Indices, canopy attributes and plant physiological processes: What Vegetation Indices Can and Cannot Tell Us About the Landscape. *Sensors*. 8: 2136–2160
125. Głazek M., Krzyżińska B., Mączyńska A., Banachowska J. 2006. Zmiany w zagrożeniach uprawy pszenicy ozimej przez choroby grzybowe na przestrzeni lat 1995-2005 w rejonie Polski południowo-środkowej. *Prog. Plant Prot./Post.Ochr. Roślin* 46(1): 347-353
126. Gontarz D. 2006. Plonowanie i jakość technologiczna ziarna pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* L.) i twardej (*Triticum durum* Desf.) w zależności od przedplonu i poziomu agrotechniki. Rozpr. Dokt., AR w Lublinie
127. Gotkiewicz B. 2002. Ekologiczne skutki rolniczej utylizacji osadów ściekowych. Praca doktorska Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Katedra Chemii Rolnej i Ochrony Środowiska: 81-88
128. Govindjee 1995. Sixty-three years since Kautsky: chlorophyll a fluorescence, *Aust.J. Plant Physiol.* 22: 131–160
129. Govindjee 2004. Chlorophyll a fluorescence: a bit of basics and history, in: Papageorgiou G.C., Govindjee (Eds.), *Chlorophyll a Fluorescence: A Signature of Photosynthesis*, *Advances in Photosynthesis and Respiration*, Dordrecht, The Netherlands, 19: 1–41
130. Govindjee, Papageorgiou G., Rabinowitch E. 1973. Chlorophyll Fluorescence and Photosynthesis, in: G.G. Guilbault (Ed.), *Practical Fluorescence Theory, Methods, and Techniques*, Marcel Dekker Inc., New York: 543–575
131. Góral T. 2009. Odporność odmian pszenżyta ozimego na fuzariozę kłosów powodowana przez grzyb *Fusarium culmorum*. *Biul. IHAR* 254: 41-50
132. Góral T., Buśko M., Cichy H., Jackowiak H., Perkowski J. 2002 a. Resistance of winter triticale lines and cultivars to *Fusarium* head blight and deoxynivalenol accumulation in kernels. *J. Appl. Genet* 43A: 237-248
133. Góral T., Foremska E., Chełkowski J., Arseniuk E. 1995. Charakterystyka odmian pszenżyta, pszenicy i żyta pod względem odporności i tolerancji na porażenie kłosa przez *Fusarium* spp. *Biul. IHAR* 195/196: 251-259
134. Górny A.G., Garczyński S., Banaszak Z., Ługowska B., Grzesiak S., Bandurska H., Komosa A. 2004. Photosynthetic activity and efficiency of gas exchange of the upper leaves in field-grown cultivars of winter wheat under varied nitrogen nutrition. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 496: 61-72
135. Griess H., Moll A.: 1985. Vorschlag eines neuen Systems von Entwicklungsstadien der Kartoffel. *Arch. Acker-Pflanzenb. Bodenkd.*, Berlin, 29 (5): 303-310
136. Grundy A.C., Boatman N.D., Froud-Williams R.J. 1996. Effects of herbicide and nitrogen fertilizer application on grain yield and quality of wheat and barley. *J. Agric. Sci.* 126: 379-385

137. Grzebisz W., Härdter R. 2006. ESTA® Kizeryt – naturalny siarczan magnezu. K+S Kali, Kassel, Germany: 126
138. Grzebisz W., Przytocka-Cyna K. 2003 Aktualne problemy gospodarowania siarką w rolnictwie polskim. Nawozy Nawoż., 4(17): 64-77
139. Grzesiuk S., Górecki R.J. 1994. Fizjologia plonów. ART Olsztyn
140. Guoth A., Tari I., Galle A., Csiszar J., Horvath F., Pecsvaradi A., Cseuz L., Erdei L. 2009. Chlorophyll a fluorescence induction parameters of flag leaves characterize genotypes and not the drought tolerance of wheat during grain filling under water deficit. *Acta Biologica Szegediensis* 53(1): 1-7
141. GUS 2015. Użytkowanie gruntów i powierzchnia zasiewów w 2014 roku. Warszawa: 98
142. Haber T. 1994. Charakteristic Und Verwendungsmöglichkeiten der polnischen Triticale-sorten. *Getreide Mehl und Brot*. 49(2): 9-14
143. Haber T., Lewczuk J. 1998. Use of triticale in the baking industry. *Acta Alimentaria Polonica*. 14, 3/4:123-129
144. Haddad Y., Mabilie F., Mermet A., Abecassis J., Benet J.C. 1999. Rheological properties of wheat endosperm with a view on grinding. *Powder Technology*. 105: 89-94.
145. Hall D.O., Rao K.K. 1999. Fotosynteza. WNT. Warszawa: 260
146. Harasim E., Wesołowski M. 2013. Wpływ retardanta MODDUS 250EC i nawożenia azotem na plonowanie i jakość ziarna pszenicy ozimej. *Frag. Agron.* 30(3): 70-77
147. Harbi A.R., Al-Omran A.M., Sheta A.S. 2005. Effects of growing media and water regimes on growth and water use efficiency of squash (*Cucurbita pepo*). *Acta Hort.* 697: 231-241
148. Heger J. and Eggum B.O. 1991. The nutritional values of some high-yielding cultivars of triticale. *J Cereal Sci* 14: 63–71
149. Heschel M.S., Donohue K., Hausmann N.J., Schmitt J. 2002. Population differentiation and natural selection for water use efficiency in impatient capensis. *Int. J. Plant Sci.* 163(6): 907-912
150. Hikawczuk T. 2013. Wpływ polisacharydów nieskrobiowych ziaren zbóż na parametry fizjologiczne wola i jelita cienkiego oraz strawność składników pokarmowych u kurcząt brojlerów. Rozprawa doktorska, Wrocław
151. Horoszkiewicz-Janka J., Jajor E., Korbas M. 2012. Występowanie chorób pszenicy ozimej w zależności od wybranych czynników agrotechnicznych. *Progres in Plant Protection/Postępy w ochronie roślin* 52(4): 998-1004
152. Hosseinian F.S., Mazza G. 2009. Triticale bran and straw: potential new sources of phenolic acids, proanthocyanidins, and lignans. *J Funct Foods* 1: 57–64
153. Hura T., Grzesiak S., Hura K., Thiemt E., Tokarz K. and Wedzony M. 2007. Physiological and biochemical tools useful in drought-tolerance detection in genotypes of winter triticale: accumulation of ferulic acid correlates with drought tolerance. *Ann Bot (London)* 100: 767–775
154. Hura T., Hura K., Grzesiak M., Rzepka A. 2007. Effect of long-term drought stress on leaf gas exchange and fluorescence parameters in C3 I C4 plants. *Acta. Physiol Plant* 29: 103-113
155. Idkowiak M., Kordas L. 2005. Uproszczenia w uprawie roli I nawożenie azotem a jakość ziarna pszenżyta ozimego. *Pam. Puł.* 139: 47-54
156. Igrejas G., Gaborit T., Oury F-X., Chiron H., Marion D., Branlard G. 2001. Genetic and environmental effects on puroindoline-a and puroindoline-b content and their relationship to technological properties in French bread wheats. *J. Cereal Sci.* 34: 37 - 47

157. Inoue T., Inanaga S., Sugimoto Y., An P., Eneyi A.E., 2004. Effect of drought on ear and flag leaf photosynthesis of two wheat cultivars differing in drought resistance. *Photosynthetica* 42(4): 559-565
158. ISI Web of Science®, DOI: <http://thomsonreuters.com/thomson-reuters-web-of-science/> (10/05.2014)
159. Jabłoński B., Gandecki R. 1987. Wpływ różnej ilości wysiewu i zróżnicowanego nawożenia azotowego na plony pszenżyta i innych zboż. *Fragm. Agron.*, 2(14): 19-30
160. Jaczewski-Kalicka A. 2008. Wpływ zmian klimatycznych na plonowanie i ochronę zbóż w Polsce. *Progress in Plant Prot./ Post. W Och. Rośl.* 48(2): 415-425
161. Jadczyż T. 2004. Zasobność gleb i potrzeby nawożenia NPK. Materiały szkoleniowe 90, Seminarium „Stosowanie agrochemikaliów”, IUNG, Puławy 2004: 127- 135
162. Jameison P.D., Maetin R.J., Francis G.S., Wilson D.R. 1995. Drought effects on biomass production and radiation – use efficiency in barley. *Field Crop Res.*, 43: 77-86
163. Jansen L.H.J., van Oevaren J.C., van Hasselt P.R., Kuiper P.J.C. 1995. Genotypic variation in chlorophyll fluorescence parameters, photosynthesis and growth of tomato grown at low temperature and low irradiance. *Photosynthetica*, 31: 301-314
164. Jaskulski D., Piasecka J. 2007. Reakcja żyta i pszenżyta ozimego na uprawę po zbożach jarych i ugorze. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 6(3): 17-25
165. Jaśkiewicz B. 2010. Wybrane parametry łanu pszenżyta ozimego odmiany Fidelio w zależności od gęstości siewu i nawożenia azotem. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 556: 127-133
166. Jaśkiewicz B. 2014. Wpływ nawożenia azotem na plonowanie i zawartość białka w ziarnie odmian pszenżyta ozimego. *Fragm. Agron.* 31(1): 25-31
167. Jaśkiewicz B. 1995. Wzrost, rozwój i plonowanie pszenżyta ozimego w zależności od terminu siewu i obsady roślin. *IUNG, Puławy. Seria R* (328): 1-110
168. Jaśkiewicz B. 2002. Określenie wymagań agrotechnicznych nowych odmian pszenżyta ozimego. *Biul. Inst. Hod. i Aklim. Rośl.* 223/224: 151-157
169. Jaśkiewicz B. 2006. Regionalne zróżnicowanie produkcji pszenżyta w Polsce. W: *Regionalne zróżnicowanie produkcji rolniczej w Polsce. IUNG-PIB Puławy, Raporty PIB* 3: 101–111.
170. Jaśkiewicz B. 2007. Wskaźnik pokrycia liściowego (LAI) pszenżyta ozimego w zależności od jego obsady i nawożenia NPK. *Acta Agrophysica* 152: 373-382
171. Jaśkiewicz B. 2008. Wpływ gęstości siewu i nawożenia azotem na plonowanie pszenżyta ozimego odmiany Fidelio. *Acta Agrophys.* 12(2): 381-393
172. Jaśkiewicz B. 2009. Reakcja nowych odmian pszenżyta ozimego na czynniki agrotechniczne. *Agricultura Alimentaria Piscaria et Zootechnica. Folia Pom. Univ. Tech. Stet.* 274(12): 11-18
173. Jaśkiewicz B., Cyfert R. 2005. Charakterystyka i technologia uprawy odmian pszenżyta ozimego. Wyd. IUNG-PIB–IHAR–COBORU. Puławy–Radzików –Słupia Wielka: 31.
174. Jaśkiewicz B., Podolska G. 2011. Uprawa roli i siew w integrowanej ochronie pszenżyta ozimego. *Metodyka integrowanej ochrony pszenżyta ozimego i jarego. Instytut Ochrony Roślin, Państwowy Instytut Badawczy, Poznań:* 9-18
175. Jensen C.R., Jornsgaard B., Andersen M.N., Christiansen J., Mogensen V.O., Friis P., Petersen C.T. 2004. The effect of lupins compared with peas and oats on the yield of the subsequent winter barley crop. *Europ. J. Agron.*, 20: 405-418
176. Jerzak M.A., Mikulski W. 2011. Rynkowa konkurencyjność krajowego nasiennictwa zboż w świetle konsolidacji spółek hodowli roślin Agencji Nieruchomości Rolnych. *Hodowla Roślin i Nasiennictwo* 3 i 4: 7–13

177. Jeżowski S., Głowacka K., Kaczmarek Z. 2009. Wstępna ocena głównych parametrów wymiany gazowej związanych z fotosyntezą w odniesieniu do plonowania traw energetycznych z rodzaju *Miscanthus* w pierwszym roku uprawy. *Acta Agrophysica* 14, 1(170): 73-81
178. Jiang J., Chen S., Wu H., Zhand L., Zhang H. 2005. Leaf area index retrieval based on canopy reflectance and vegetation index in Eastern China. *Journal of Geographical Sciences*. 2: 247–254
179. Jin S.H., Huang J.Q., Li X.Q., Zheng B.S., Wu J.S., Wang Z.J., Liu G.H., Chen M. 2011. Effect of potassium supply on limitations of photosynthesis by mesophyll diffusion conductance in *Carya cathayensis*. *Tree Physiol* 31: 1142-1151
180. Jondreville C., Genthon C., Bouguennec A., Carre B., Nys Y. 2007. Characterisation of European varieties of triticale with special emphasis on the ability of plant phytase to improve phytate phosphorus availability to chickens. *Br.Poult.Sci.*48: 678–689
181. Jończyk K. 2002. Reakcja wybranych odmian pszenicy ozimej na uprawę w różnych systemach produkcji roślinnej. *Pam. Puł. Nr 130 (1): 339-345*
182. Jończyk K., Kawalec A. 2001. Wstępna ocena przydatności wybranych odmian pszenicy ozimej do uprawy w różnych systemach produkcji roślinnej. *Biul. IHAR* 220: 35-43
183. Jorgensen J.R., Deleuran L.C. and Wollenweber B. 2007. Prospects of whole grain crops of wheat, rye and triticale under different fertilizer regimes for energy production. *Biomass Bioenerg* 31: 308–317
184. Jurga R. 1994. Przetwórstwo zbóż. CzI Iii. Wydawnictwo Sz. I Pedagog. Warszawa
185. Karczmarczyk S., Koszański Z., Podsiadło C. 1993. Przebieg niektórych procesów fizjologicznych oraz plonowanie pszenicy ozimej i pszenżyta pod wpływem deszczowania i nawożenia azotem. Cz. I. Zawartość chlorofilu i karotenoidów w niektórych organach pszenicy ozimej i pszenżyta. *Acta Agrobot.*46(1): 15–30
186. Kalaji M.H., Bosa K., Koscielniak J., Hossain Z. 2011a. Chlorophyll a fluorescence – A useful tool for the early detection of temperature stress in spring barley (*Hordeum vulgare* L.). *OMICS A Journal of Integrative Biology* 15 (12): 925-934
187. Kalaji M.H., Carpentier R. Allakhverdiev S.I., Bosa K. 2012. Fluorescence parameters as an early indicator of light stress in barley. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* 112: 1-6
188. Kalaji M.H., Govindjee, Bosa K., Koscielniak J., Ruk-Gołaszewska K. 2011b. Effects of salt stress on Photosystem II efficiency and CO₂ assimilation of two Syrian barley landraces. *Environmental and Experimental Botany* 73: 64-72
189. Kalaji, M.H., Rutkowska, A., 2004. Photosynthetic machinery response of maize seedlings to salt stress. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 496: 545–558
190. Kaliji H.M., Łoboda T. 2009. Fluorescencja chlorofilu w badaniach stanu fizjologicznego roślin. SGGW, Warszawa: 117
191. Kałuża T., Strzeliński P. 2009. Teledetekcyjne narzędzia w badaniach roślinności wysokopiennej do oceny warunków przepływu na terenach zalewowych. *Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej* 2: 169–178
192. Kapela T. 2007. Perspektywy wykorzystania fitazy w gorzelnictwie. *Biotechnologia* 2(77): 54-62
193. Karczmarczyk S., Koszański Z., Zbieć I., Tyrakowska-Bielec U. 2000. Reakcja pszenżyta jarego na deszczowanie i nawożenie mineralne. Cz. II. Aktywność procesów fizjologicznych, skład chemiczny i wartość wypiekowa ziarna. *Folia Univ. Agric. Stetin.* 206, *Agricultura* 82: 117–124
194. Karczmarczyk S., Podsiadło C., Koszański Z., Zbieć I., Gurgul E. 1999. Response of some spring triticale cultivars to irrigation and mineral fertilizers. Part III. Physiological processes, chemical composition and technological properties of the crop. *Folia Univ. Agric. Stetin.* 193, *Agricultura* 73: 79–85

195. Kautsky H., Hirsch A. 1931. Neue Versuche zur Kohlensaureassimilation, *Naturwissenschaften* 19: 964.
196. Kęsik K., Krasowicz S., Zarychta M. 2011. Dawki NPK stosowane w praktyce rolniczej pod zboza ozime na tle zaleceń nawozowych. *Nawozy i Nawożenie* 44: 51-98
197. Kiss A., Videki L. 1971. Developement of secondary hexaploid triticales by crossing Triticale with rye. *Wheat Inf. Ser.* 32: 17-20.
198. Klamkowski K., Treder W., Marasek A., Borkowska A. 2008. Charakterystyka aparatów szparkowych i wymiana gazowa roślin truskawki w zależności od warunków wzrostu. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.* 5(24): 499-509
199. Klima K., Pisulewska E. 2004. Reakcja owsa oplewionego i nieoplewionego na warunki opadowo termiczne w terenach górskich. *Acta Agrophysica* 3(2): 271-280
200. Knapowski T., Kozera W., Majcherczak E., Barczak B. 2010. Wpływ nawożenia azotem i cynkiem na skład chemiczny i plon białka ziarna pszenżyta jarego. *Fragm. Agron.* 27(4): 45-55
201. Knapowski T., Ralcewicz M., Barczak B., Kozera W. 2009. The effect of fertilization with nitrogen and zinc on the bread-making quality of spring triticales cultivated in the Noteć Valley. *Pol. J. Environ. Stud.* 18: 227-233
202. Koc J., Szurpnicka-Półtarzewska Ł. 1997. Wpływ przedplonu i nawożenia azotem na zawartość makroelementów w ziarnie i słomie pszenżyta ozimego. II Fosfor, potas, magnez, wapń. *Zesz. Nauk AR Szczecin* 175. *Rolnictwo* 65: 171-176
203. Kociuba W. 1990. Polowa ocena odporności na choroby grzybowe w kolekcji pszenżyta ozimego (x *Triticosecale* Wittmack) *Biul. IHAR* 173/174: 83-86
204. Kociuba W. 2007. Charakterystyka zasobów genowych pszenżyta zgromadzonych w latach 1998-2005. *Zesz. Probl. Nauk. Rol.* 517/1: 369-377
205. Kocoń A., Wojcieszka U., Głazewski S. 1997. Dynamika przyrostu masy bobiku przy zróżnicowanym zaopatrzeniu w azot mineralny. *Pam. Puł.* 109: 59-71
206. Kołodziej J. 2003. Wpływ opadów atmosferycznych na kształtowanie się wybranych cech ziarna owsa uprawianego w warunkach górskich. *Biul. IHAR* 229: 175-183
207. Kołodziej J., Kulig B. 2005. Wpływ warunków pogodowych na kształtowanie się plonu i wybranych cech owsa. *Biul. IHAR* 235: 269-280
208. Konopka I., Tyńska M., Faron A. 2013. Towaroznawstwo i przechowywalność zbóż i nasion oleistych. *Przewodnik do zajęć laboratoryjnych*. Olsztyn: 14
209. Kopeć A., Bać A. 2013. Wpływ dodatku mąki łubinowej na jakość chleba pszenżytniego. *Nauka Technologia Jakość* 5 (90): 142-153
210. Kopeć M., Gondek K. 2006. Wpływ nawożenia mineralnego na zmiany zawartości i ilości pobranego potasu przez run łąkową w długotrwałym doświadczeniu 1968 – 2004. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. z.* 512: 347 – 356
211. Koszański Z., Karczmarczyk S., Podsiadło C. 1994. Wpływ deszczowania i nawożenia azotem na pszenżyto ozime. Cz. II. Skład chemiczny plonu. *Zesz. Nauk. AR Szczecin* 162, *Rol.* 58: 91-95
212. Kościelniak J., Filek W., Augustyniak G. 1990. Photosynthetic activity in different organs of field beans (*Vicia faba* L. var. *minor*) with indeterminate and growth habit. *Acta Physiol. Plant.* 2: 95-103
213. Kowalczyk K., Gruszecka D., Nowak M., Leśniowska-Nowak J. 2011. Resistance of triticales hybrids with Pm4b and Pm6 genes to powdery mildew. *Acta Biol. Cracov. Ser. Botanica* 53(1): 57-62
214. Koziara W. 1996. Wzrost, rozwój oraz plonowanie pszenżyta jarego i ozimego w zależności od czynników meteorologicznych i agrotechnicznych. *Rocz. AR w Poznaniu, Rozp. Nauk.* 269

215. Kramek A., Kociuba W. 2014. Charakterystyka zasobów genowych pszenżyta ozimego pod względem polowej odporności na choroby grzybowe. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska Lublin _Polonia, Sectio E. LXIX (4): 112-119*
216. Krasowicz S., Igras J. 2003. Regionalne zróżnicowanie wykorzystania potencjału rolnictwa w Polsce. *IUNG Puławy, Pam. Puł., 132: 233-251*
217. Krasowicz S., Kopiński J. 2006: Wpływ warunków przyrodniczych i organizacyjno-ekonomicznych na regionalne zróżnicowanie rolnictwa w Polsce. *Raporty PIB, IUNG-PIB Puławy, 3: 81-99*
218. Krasowicz S., Kuś J., 2010. Kierunki zmian w produkcji rolniczej w Polsce do roku 2020 – próba prognozy. *Zag. Ekon. Rol., Warszawa, 3: 5-18*
219. Krause G.H., Weis E. 1991 Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics, *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 42: 313–349*
220. Kruczek G., Wójtowicz J. 1998. Wpływ nawożenia azotowego na plonowanie i skład chemiczny ziarna pszenicy. *Zesz. Nauk. AR Kraków 330, Sesja Nauk. 54: 119–126*
221. Kryńska B., Majda J., Kud K. 1997. Wpływ poziomu i sposobu stosowania azotu na plonowanie pszenżyta ozimego i zawartość makroelementów w ziarnie. *Cz. II. Zawartość makroelementów w ziarnie pszenżyta ozimego. Bibl. Fragm. Agron., 3: 353-358*
222. Krzymuski J., Olesiak T. 1997. Pszenżyto ozime w doświadczeniach i w produkcji w latach 1986–1995. *Zeszyty Naukowe AR Szczecin. 175: 213–218*
223. Krzywy E. 2007. *Żywienie roślin. Wydawnictwo Naukowe Akademii Rolniczej w Szczecinie: 178*
224. Krzywy J., Baran S., Krzywy E. 2002. Wpływ nawozów jednoskładnikowych i wieloskładnikowych na kształtowanie stosunków jonowych K:Mg, K:(Mg+Cu), Ca:P oraz N:S w roślinach uprawnych. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 484: 317-323*
225. Kukula S. 2001. Charakterystyka i wymagania agrotechniczne odmian owsa. *Biul. IHAR 218: 3-11*
226. Kuś J., Krasowicz S., Harasim A. 1992. Studia nad możliwością zwiększenia udziału zbóż w strukturze zasiewów. VI. Efektywność energetyczna. *Pam. Puł. 101: 185-199*
227. Kuś J., Mróz A., Skiba H. 1991. Wpływ chemicznego zwalczania chorób na plonowanie zbóż w różnych zmianowaniach. *Frag. Agron 4: 72-81*
228. Kuś J., Siuta A. 1995 Plonowanie zbóż ozimych w zależności od przedplonu i kompleksu glebowego. *Fragm. Agron., 3(47): 53-58*
229. Kuś J., Smagacz J. 1992. Porównanie plonowanie pszenżyta ozimego z innymi gatunkami zbóż w różnych stanowiskach. *Fragm. Agron. 3(35): 14-21*
230. Kwiatkowski C. 2004. Plonowanie i jakość ziarna nagoziarnistego i oplewionej formy jęczmienia jarego w zależności od zróżnicowanej ochrony zasiewów. *Pam. Puł 135: 137-144.*
231. Lauer M.J., Pallard S.G., Blevins D.G., Randall D.D. 1989. Whole leaf carbon exchange characteristics of phosphate deficient soybeans (*Glycine max L.*) *Plant Physiol. 91: 848-854*
232. Lemaire G., Gastal F. 1997. N uptake and distribution in plant canopies. In: *Diagnosis of the critical nitrogen dilution curve for winter wheat crops. Annals of Botany 74: 397-407*
233. Lepiarczyk A., Kulig B., Stępiak K. 2005. Wpływ uproszczonej uprawy roli i przedplonu na plonowanie oraz kształtowanie LAI wybranych odmian pszenicy ozimej w płodozmianie zbożowym. *Fragm. Agron. Nr 2 (86): 98-105.*
234. Leszczyńska D., Noworolnik K. 2008. Wpływ nawożenia azotem i gęstości siewu na plonowanie, komponenty plonu oraz zawartość białka i plon białka owsa nagoziarnistego. *Fragm. Agron. 1(97): 220-227*
235. Lewandowski I., Kauter D. 2003. The influence of nitrogen fertilizer on the yield and combustion quality of whole grain drops for solid fuel use. *Ind. Crop. Prod. 17: 103–117*

236. Li GY, He ZH, Pena RJ, Xia XC, Lilemo M., Sun QX. 2006. Identification of novel secaloindoline-a and secaloindoline-b alleles in CIMMYT hexaploid triticale lines. *J Cereal Sci*43: 378–386
237. Li Y.L., Stanghellini C., Challa H. 2001. Effect of electrical conductivity and transpiration on production of greenhouse tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *Sci. Hort.* 88: 11-29
238. Lichtenthaler H.K., Rinderle U. 1988. The role of chlorophyll fluorescence in the detection of stress conditions in plants. *CRC Critical Reviews in Analytical Chemistry* 19, suppl. I: 29-85
239. Lipiński 2003 Lipiński W., Terelak H., Motowicka-Terelak T., 2003. Propozycja liczb granicznych zawartości siarki siarczanowej w glebach mineralnych na potrzeby doradztwa nawozowego. *Rocz. Glebozn.*, 54 (3):79-84
240. Lu C.M., Zhang J.H. 1998. Effect of water stress on photosynthesis , chlorophyll fluorescence and photoinhibition in wheat plants. *Austr. J. Plant Physiol.* 25: 883-892
241. Lunn G.D., Spink J.H., Stokes D.T., Wade A., Clare R.W., Scott R.K. 2003. Canopy management in winter oilseed rape. HGCA Project Report No. OS: 49
242. Łęgowski Z., Wyszniak A. 2000. Stosowanie regulatorów wzrostu w zbożach. *Progr. Plant Protec./Post.Ochr. Rośl.* 40 (2): 932 -934
243. Łoboda T., Pietkiewicz S. 1993. Fizjologiczne parametry łanu różnych gatunków zbóż ozimych. *Fragm. Agron.* 4: 99-100
244. Machul M. 2005. Zastosowanie testu SPAD do ustalenia uzupełniającej dawki azotu dla kukurydzy. *Pam. Puł.*: 140, 159-172
245. Maciejewski T., Michalski T., Chrzanowski R. 2013. Influence of irrigation and nitrogen fertilization on yield and balance of N,P and K in the cultivation of spring barley. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* 58(4): 49-52
246. Maciorowski R., Stankowski S., Piech M. 2000. Reakcja odmian żyta mieszańcowego i populacyjnego na nawożenie azotem i regulator wzrostu. Cz. I. Plon ziarna, komponenty plonu i wybrane cechy fizjologiczne. *Biul. IHAR* 215: 109 - 120
247. Maćkowiak W. 2003. Ocena postępu i strategiczne kierunki hodowli pszenżyta w Polsce. *Biul. IHAR* 230: 127-141
248. Maćkowiak W., Budzianowski G., Mazurkiewicz L., Paizert K., Woś H. 2001. Wpływ wzrastających dawek azotu i różnych sposobów stosowania regulatorów wzrostu na plonowanie pszenżyta ozimego. *Biul. Inst. Hod.i Aklim. Rośl.* 219/220: 99-108
249. Maćkowiak W., Paizert K., Mazurkiewicz L., Woś H. 1993. Osiągnięcia i problemu hodowli pszenżyta w Polsce. *Biuletyn IHAR* 187: 143-166
250. Maćkowiak W.2003. Ocena postępu i strategiczne kierunki hodowli pszenżyta w Polsce. *Biul. IHAR* 230: 127-141
251. Maier-Maercker U. 1999. New light on the importance of peristomatal transpiration. *Australian Journal of Plant Physiology*26: 9–16
252. Majcherczak E., Kozera W., Nowak K., Barczak B. 2006. Zawartość makroelementów oraz stosunki jonowe w ziarnie jęczmienia jarego w warunkach dolistnego nawożenia. *J.Elementol.*11(1): 43-48
253. Majić A., Poljak M., Sobijo A., Knezović Z., Horvat T. 2008. Efficiency of use of chlorophyll meter and cardy-ion meter in potato nitrogen nutrition supply. *Cereal Research Communications*.36: 1431-1434
254. Makowiecki J., Mączka T. 1993. Uwarunkowania wysokich plonów pszenżyta ozimego na glebach pszenno-żytnich na Śląsku. *Fragm. Agron.* 4(93): 57-58
255. Makowska A., Obuchowski W., Sulewska H., Koziara W., Paschke H. 2008. Effect of nitrogen fertilization of durum wheat varieties on some characteristics important for pasta production. *Acta Sci.Pol., Technol.Aliment.*7(1): 29–39

256. Małecka I., Bleharczyk A., Sawińska Z. 2004. Wpływ sposobów uprawy roli i nawożenia azotem na plonowanie pszenżyta ozimego. *Annales UMCS, Sec. E* 59(1): 259–267
257. Małuszyńska E., Drzewiecki J., Łapiński B. 2001. Tożsamość nietypowych roślin pszenżyta na podstawie analizy elektroforetycznej i cytogenetycznej ziarniaków. *Biul. IHAR* 218/219: 251 - 259
258. Martinek P., Vinterova M., Buregova. I and Vyhnánek T. 2008. Agronomic and quality characteristics of triticale ($\times$ *Triticosecale* Wittmack) with HMW glutenin subunits 5 - 10. *J. Cereal Sci.* 47: 68–78
259. Matsunaka T., Watanabe Y., Miyawaki T., Ichikawa N. 1997. Prediction of grain protein content in winter wheat through leaf color measurements using a chlorophyll meter. *Soil Science and Plant Nutrition* 43(1): 127-134
260. Matysiak K. 2004. Możliwości i ograniczenia stosowania regulatorów wzrostu w rzepaku ozimym. *Prog. Plant Prot./ Post. Ochr. Rośl.*, 44 (1): 231-235
261. Matysiak K., Kaczmarek S., Adamczewski K. 2010. Wpływ trineksapaku etylu, chlorku chloromekwatu, metkonazolu i tebukonazolu na pokrój roślin i plonowanie rzepaku ozimego w zależności od terminu stosowania. *Rośliny oleiste* 31: 361-372
262. Matysiak R., Woźnica Z., Pudółko J., Skrzypczak G. 1993. Reakcja pszenżyta jarego na retardanty wzrostu stosowane techniką dzieloną. *Prace Kom. Nauk Rol. Kom. Nauk Leśn. PTPN* 75: 21-26
263. Maxwell K., Johnson G.N. 2000. Chlorophyll fluorescence-a practical guide, *J. Exp. Bot.* 5: 659–668
264. Mazurek J. 1996. Zalecenia agrotechniczne. Technologie uprawy roślin. Pszenżyto ozime. *IUNGserria P* 59(6): 1-32
265. Mazurek J., Jaśkiewicz B. 1995. Technologia uprawy pszenżyta ozimego w warunkach ograniczonych nakładów. Instrukcja upowszechnieniowa IUNG Puławy 58/95: 3-18
266. Mazurek J., Jaśkiewicz B. 1998. Wymagania nowych odmian pszenżyta ozimego co do terminu siewu i obsady roślin oraz nawożenia azotem. *Biul. IHAR*, 205-206: 189-194
267. Mazurek J., Jaśkiewicz B. 1999. Reakcja odmian pszenżyta ozimego na nawożenie azotem. *Biul. IHAR*, 195/196: 107-110
268. Mazurek J., Kuś J. 1992. Porównanie wymagań przedplonowych pszenżyta z innymi gatunkami zbóż. *Biul. Inst. Hod. Aklim. Rośl.*, 181-182: 93-105
269. McGovern C.M., Snyders F., Muller N., Botes W., Fox G., Manley M. 2011. A review of triticale uses and the effect of growth environment on grain quality. *J. Sci. Food Agric.* 91: 1155-1165
270. Mencuccini M., Mambelli S., Comstock J. 2000. Stomatal responsiveness to leaf water status in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is a function of time of day. *Plant, Cell and Environment* 23: 1109–1118
271. Mercik S. (red.) 2004. *Chemia rolna. Podstawy teoretyczne i praktyczne*. Wydawnictwo SGGW. Warszawa: 212-218
272. Merker A. 1976. The cytogenetic effect of heterochromatin in hexaploid triticale. *Hereditas* 83: 215-222
273. Michalska - Klimczak B. 2010. Wymagania klimatyczne pszenicy, żyta i pszenżyta. *Świat zbóż* 13: 40-41
274. Michalski T., Idziak R., Menzel L. 1999. Wpływ warunków pogodowych na plonowanie owsa. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, Supl. 1(18): 46-52
275. Mikulski W., Mackiewicz-Karolczak D., Dopierała P., Rogalska S., 1995. Wpływ temperatury na plonowanie pszenżyta ozimego. *International Conference Agrometeorology of the cereals*, Poznań IMGW Warszawa: 189-193
276. Molga M. 1972. *Meteorologia rolnicza*. PWRiL Warszawa: 554-558

277. Morison J.I.L. 1998. Stomatal response in increased CO₂ concentration J. Exp. Bot. 49: 443-452
278. Murdock L., Jones S., Bowley Ch., Needham P., James J., Howe P. 1997: Using a chlorophyll meter to make nitrogen recommendations on wheat. University of Kentucky Cooperative Extension Service. DOI: <http://www.specmetres.com/assets/1/7/A100.pdf> (05.11.2014)
279. Murkowski A. 2002. Oddziaływanie czynników stresowych na luminescencję chlorofilu w aparacie fotosyntetycznym roślin uprawnych. Acta Agrophysica, Monografia 61
280. Murkowski A., Mila A. 2010 Wpływ podwyższonego stężenia CO₂ na fluorescencję chlorofilu i fotosyntezę wybranych genotypów rzepaku ozimego. Rośliny oleiste 31: 283-292
281. Mut Z., Sezer I., Gulumser A. 2005. Effect of different sowing rates and nitrogen levels on grain yield, yield components and some quality traits of triticale. Asian J. Plant Sci. 4: 533-539
282. Myer R. and Lozano del Rio A.J. 2004. Triticale as animal feed, in Triticale Improvement and Production, ed. by Mergoun M and Gomez-Macpherson H. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome: 49-80
283. Nadim M.A., Awan I.U., Baloch M.S., Khan E.A., Naveed K., Khan M.A., 2012. Response of wheat (*Triticum aestivum* L.) to different micronutrients and their application methods. J. Anim. Plant Sci. 22(1): 113-119
284. Naeem H.A., Darvey N.L., Gras P.W., Mac Ritchie F. 2002. Mixing properties, baking potential, and functionality changes in storage proteins during dough development of triticale wheat flour blends. Cereal Chem 79: 332-339
285. Nalborczyk E. 1996. Dobór i wykorzystanie nowoczesnej aparatury kontrolno-pomiarowej w doświadczeniach polowych. CZ. I. Oznaczanie wymiany gazowej, struktury przestrzennej i bilansu energii fotosyntetycznie czynnej radiacji roślin w łanie. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 447: 81-90
286. Nascimento A. Jr., Baier A.C., Teixeira MC and Wietholter S. 2004. Triticale in Brazil, in Triticale Improvement and Production, ed. by Mergoun M and Gomez-Macpherson H. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome: 93-102
287. Neals T.F., Incoll D. 1968. The control of leaf photosynthesis rate by the level of assimilate concentration in the leaf – a review of the hypothesis. Bot. Rev. 34: 107-125
288. Netting A.G. 2000. pH, abscisic acid and the integration of metabolism in plants under stressed and non-stressed conditions: cellular responses to stress and their implication for plant water relations. Journal of Experimental Botany 51: 147-158
289. Neukirchen D., Lammel J., 2002. The chlorophyll content as an indicator for nutrient quality management. Nawozy i Nawożenie 2(11): 89-105
290. Nieróbca A., Faber A. 1996. Indeks powierzchni liści jako wskaźnik stanu wegetacji oraz wielkości spodziewanego plonu pszenicy ozimej. Fragmenta Agronomica 3: 54-66
291. Nieróbca P. 2004. Wpływ nawożenia azotem, terminu siewu i ilości wysiewu na plon i elementy struktury plonu pszenżyta jarego. Biul. IHAR 231: 231-235
292. Norma żywienia świń – wartość pokarmowa pasz. 1993. IFiŻŻ Pan Warszawa: 48-49
293. Nouri-Ganbalani A., Hassanpanah D, Nouri-Ganbalani G. 2009. Effects of drought stress condition on the yield and yield components of advanced wheat genotypes in Ardabil. J. Food Agric. Environ. 7: 228-234
294. Novoa S.A.R, Villagran A.N. 2002: Evaluation of a chlorophyll meter on the assessment of foliar nitrogen in corn. Agricultura Technica, 62(1): 166-171
295. Nowak W., Zbroszczyk T. 2003. Wpływ poziomu intensywności uprawy na zawartość składników mineralnych w ziarnie pszenicy. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 493(II): 439-445
296. Noworolnik K., Leszczyńska D. 2000. Reakcja odmian jęczmienia na poziom nawożenia azotem. Biul. IHAR 214: 163-166

297. Noworolnik K., Maj L. 2005. Plonowanie owsa nagoziarnistego na tle oplewionego w zależności od nawożenia azotem. *Pam. Puł.*, 139: 129-136
298. Noworolnik K. 2009. Wpływ wybranych cech jakości gleby na plonowanie pszenżyta ozimego i żyta ozimego. *Acta Agrophysica* 14(1): 155-166
299. Oettler G. 2004. Triticale in Germany. *Triticale Improvement and Production*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome: 115-118
300. Oleksy A., Szmigiel A., Kołodziejczyk M. 2009. Plonowanie oraz kształtowanie się powierzchni liści wybranych odmian pszenicy ozimej w zależności od poziomu agrotechniki. *Fragm. Agron.* 26 (4): 120-131
301. Olszewska M., Grzegorzczak S., Bałuch –Małecka A. 2008. Wymiana gazowa i indeks zieloności liści *Trifolium repens* uprawianej w mieszkankach z *Festulolium braunii* i *Lolium perenne* w zależności od zróżnicowanego nawożenia azotem. *Łąkarstwo w Polsce (Grassland Science in Poland)* 11: 147-156
302. Olszewska M., Grzegorzczak S., Olszewski J., Bałuch-Małecka A. 2010. Porównanie reakcji wybranych gatunków traw na stres wodny. *Łąkarstwo w Polsce* 13: 127-136
303. Olszewski J. 2004. Wpływ wybranych stresów abiotycznych i biotycznych na intensywność fotosyntezy i transpiracji, plonowanie oraz zdrowotność bobiku i grochu siewnego. *Rozprawy i Monografie UMW Olsztyn*: 109
304. Ort D.R., Baker N.R. 2002. A photoprotective role for O₂ as an alternative electron sink in photosynthesis *Curr Opin Plant Biol* 5: 193–198
305. Panasiewicz K., Koziara W., Sulewska H. 2009. Reakcja pszenicy ozimej *Triticum durum* Desf. odmiany Komnata na gęstość siewu i nawożenie azotem. *Biul. IHAR* 253: 125–134
306. Papageorgiou G.C., Govindjee 1968 Light induced changes in the fluorescence yield of chlorophyll a in vivo. II. *Chlorella pyrenoidosa*, *Biophys. J.* 8: 1316–1328
307. Papageorgiou G.C., Govindjee 1968. Light induced changes in the fluorescence yield of chlorophyll a in vivo. I. *Anacystis nidulans*, *Biophys. J.* 8: 299–1315
308. Parylak D. 1998 Optymalizacja uprawy pszenżyta ozimego w krótkotrwalej monokulturze na glebie kompleksu żyniego dobrego. *Zesz. Nauk. AR. We Wrocławiu, Rozprawy* 150
309. Parylak D. 2000. Produkcyjność pszenżyta ozimego w warunkach okresowych niedoborów wody w glebie. *Folia Univ. Agric. Stetin., Agricultura* 82: 209-214
310. Parys E., Ostrowska E. 1976. Działanie regulatorów wzrostu na fotosyntezę, fotooddychanie i oddychanie Cz I Fotosynteza. *Wiad. Bot.* 20 (1): 17-37
311. Pattison A.L., Trethowan R.M., 2013. Characteristics of modern triticale quality: commercially significant flour traits and cookie quality. *Crop Pasture Sci.* 64(9):874-880
312. Pawłowska J., Dietrych-Szóstak D. 1994. Efekt zastosowania regulatorów wzrostu w pszenżycie jarym. *Mat. Sesji IOR* 34(2): 102-105
313. Pecio A. 2002. Zróżnicowanie odczytów SPAD u browarnej odmiany jęczmienia jarego Rudzik. *Nawozy i Nawożenie. IUNG, Puławy* 2: 106-116
314. Pecio A., Bichońska A. 2009. Nawożenie azotem i chemiczna ochrona roślin przed chorobami jako czynniki plonowania jęczmienia jarego. *Biul. IHAR* 252: 201-213
315. Pecio A., Bichoński A. 2008. Wpływ ochrony roślin przed chorobami oraz nawożenia azotem na plonowanie i jakość ziarna pszenżyta ozimego. *Fragm. Agron.*, 4(100): 79-87
316. Peltonen J., Virtanen A., Haggren E. 1995: Using a chlorophyll meter to optimize nitrogen fertilizer application for intensively – managed small-grain cereals. *Journal of Agronomy and Crop Science* 174(5): 309-318.
317. Peng S., Sancio A.L., Garcia F. V., Laza R.C., Visperas R.M., Descalsota J.P., Cassman K.G. 1999: Effect of leaf phosphorus and potassium concentration on chlorophyll meter reading in rice. *Plant Production Science* 2(4): 227-231.

318. Penning de Vries F. W. T., van Laar H.H. 1982. Simulation of growth processes and the model BACROS. Simulation of plant growth and crop production. Simulation Monographs.Wageningen: 114-135
319. Piech M., Nita Z., Maciorowski R. 2001.Reakcja owska oplewionego i nieoplewionego na nawożenie azotem. Biul. IHAR 217: 111-119
320. Piekielek W.P., Fox R. H. 1992. Use of Chlorophyll Meter to predict sidedress nitrogen requirements for maize. Agron. J. 84: 59-65
321. Pietkiewicz S., Wyszyński Z., Łoboda T. 2005. Współczynnik wykorzystania wody buraka cukrowego na tle wybranych czynników agrotechnicznych. Fragm. Agron. 1: 521-529
322. Pietkiewicz S. 1985. Wskaźnikowa analiza wzrostu roślin Wiad. Bot. 29 (1): 29-42
323. Pietkiewicz S., Łoboda T., Holownia R., Nalborczyk E. 1998. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem i stosowanie retardanta na wymianę gazową roślin pszenżyta ozimego odmiany Presto w warunkach stresu hydro-termicznego.Ekofizjologiczne aspekty reakcji roślin na działanie abiotycznych czynników stresowych, PAN, Kraków: 297-298
324. Piotrowska W., Pietkiewicz S., Wyszyński Z., Łoboda T., Gazdowski D., Kotlarska-Jaros E., Stankowski S. 2003. Wymiana gazowa owsa w zależności od poziomu nawożenia azotem. Biuletyn IHAR 229: 131-137
325. Piskornik Z. 1994. Fizjologia roślin dla wydziałów ogrodniczych. Wyd. AR Kraków: 420
326. Pisulewska E. 1997. Wpływ Bercemy CCC na plonowanie oraz długość źdźbła i międzywęźli pszenżyta jarego i ozimego oraz żyta i pszenicy jarej uprawianych wspólnie z wyką. Zesz. Nauk. Akad. Roln.Szczecin, Rolnictwo 65 (2): 317 – 323
327. Pisulewska E., Zając T., Oleksy A. 1998. Skład mineralny ziarna wybranych odmian pszenżyta w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem. Biul. IHAR 205/206: 179–188
328. Płaza A., Soczyński J. 2010. Wpływ następczy międzyplonów na plonowanie pszenżyta ozimego. Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin., Agric., Aliment., Pisc., Zootech. 276 (13): 39-46
329. Podolska G. 2009. Reakcja odmian pszenicy ozimej na nawożenie azotem w doświadczeniach wazonowych. Biul. IHAR 253: 83-91
330. Podolska G., Hołubowicz-Kliza G. 2006. Reakcja pszenżyta ozimego odmiany Sorento na stres suszy. Folia Univ. Agric. Stetin., Agricultura 100: 145-149
331. Podolska G., Sułek A., Stankowski S. 2002. Obsada kłosów – podstawowy parametr plonotwórczy pszenicy ozimej (artykuł przeglądowy). Acta Sci. Pol., Agricultura 1(2): 5-14
332. Podolska G.2007. Termin i gęstość siewu jako czynniki kształtujące produktywność rośliny i ładu zbóż. Wieś Jutra 7(108): 8-10
333. Pottosin I.I, Schonknecht G. 1996. Ion channel permeable for divalent and monovalent cations in native spinach thylakoid membranes. J. Membr. Biol. 152: 223-233
334. Pszczółkowska A., Olszewski J., Fordoński G., Płodzień K., 2003. Wpływ stresu wodnego i mineralnego na zdrowotność nasion wybranych odmian grochu siewnego i łubinu żółtego . Acta Sci. Pol., Agricultura 2(1), 101-113
335. Rachoń L., Szumiło G. 2006. Plonowanie a opłacalność uprawy pszenicy twardej (Triticum durum Desf.).Pam. Puł. 142: 403-409
336. Rademacher W. 2000. Growth retardants: effects on gibberelin biosynthesis and other metabolic pathways. Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 51: 501-577
337. Radzka E., Koc G., Rak J., Jankowska J. 2007. Niedobór i rozkład opadów w Siedlcach w latach 1971-2005.Przeg. Nauk. Inż. i Kształt. Środow., XVI, 3(37): 33-38
338. Rakoczy J., Kupiec K., Błak A. , Larwa T. 2008. Usuwanie wody ze spirytusu gorzelnianego w celu otrzymania bioetanolu paliwowego. Czasopismo Techniczne, Politechnika Krakowska, 1-Ch: 115-124

339. Raviv M., Blom T. 2001. The effect of water availability and quality of soilless-grown cut roses. Review. Sci. Hort. 88: 257-276
340. Reigosa Roger M.J. , Kluwer 2001. Handbook of Plant Ecophysiology techniques. Academic Publishers: 161
341. Ribaut J.M., Banziger M., Hoisington D. 2002. Genetic dissection and plant improvement under abiotic stress conditions:drought tolerance in maize as an example.JIRCAS Working report: 85-92
342. Rogalska S., Cybulska-Augustyniak J., Kalwinek A. 1991. Aneuploidy in Polish cultivars of winter triticales. Genet. Pol. 32, 1/2: 11-16
343. Rohacek K., Soukupova J., Bartak M. 2008. Chlorophyll fluorescence: A wonderful tool to study plant physiology and plant stress. Plant Cell Compartments – Selected Topics, Editor: Benoit Schoefs. Chapter 3: 41-104
344. Rosenqvist E., Olaf van Kooten. 2003. Chlorophyll fluorescence: a general description and nomenclature. Practical Applications of Chlorophyll Fluorescence in Plant Biology J.R. DeEll, et al (eds.): 32-64
345. Royo C., Villegas D., Garcia del Moral L.F. 2004. Triticale in Spain. Triticale Improvement and Production, ed. by Mergoun M and Gomez-Macpherson H. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome:139–148
346. Rozbicki J., Banaszkiwicz P. 1997. Rolnicza i botaniczna ocena porażenia łanu pszenżyta ozimego agrofagami w doświadczeniu wieloczynnikowym. Cz. III. Zasiadlenie łanu przez szkodliwa entomofaunę. Roczn. Nauk Roln. Seria A 112(3-4): 21-26
347. Rozbicki J., Mądry W. 1998. Uwarunkowanie plonu ziarna pszenżyta ozimego przez jego składowe wybrane cechy botaniczno-rolnicze łanu w zmiennych warunkach uprawowych i pogodowych. Folia Univ. Stet Agric. 206. Agricultura (82): 195-204
348. Rozbicki J., Samborski S. 2001. Relationship between SPAD readings and NNI for winter Triticale grown on light soil. 11-th Nitrogen Workshop. 9-12 September, Reims. Book of abstracts: 519-520
349. Rudnicki F. 2005. Przedplony zbóż a ich plonowanie w warunkach produkcyjnych. Fragn. Agron., 2(86): 172-181
350. Rudnicki F., Wasilewski P. 1993. Wpływ doboru gatunków i ilości opadów na wydajność jarychmieszanek zbożowych. Fragmenta Agronomica 4: 95–96
351. Rudnicki F. 2000. Wyznaczanie wpływu poszczególnych elementów plonowania na różnice plonów między obiektami doświadczalnymi. Fragn. Agron. 3: 53-65
352. Rumasz-Rudnicka E. 2010. Wpływ nawadniania i nawożenia azotem na asymilację i transpirację życicy westerwoldzkiej. Acta Agrophys. 15(2): 395–408
353. Rymuza K., Marciniuk-Kluska A., Bombik A. 2012. Plonowanie zbóż ozimych w zależności od warunków termiczno-opadowych na polach produkcyjnych Rolniczej Stacji Doświadczalnej w Zawadach. Woda - Środowisko - Obszary Wiejskie 2(38): 207-220
354. Salmon D., Mergoun M. and Gomez-Macpherson H. 2004. Triticale production and management, in Triticale Improvement and Production, ed. by Mergoun M and Gomez-Macpherson H. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome: 27–48
355. Samborski S., Rozbicki J. 2002. Przegląd badań nad wykorzystaniem chlorofilometru SPAD-502 do oceny stanu odżywienia roślin azotem. Nawozy i Nawoż. 2(11): 123-136
356. Samborski S., Gozdowski D., Rozbicki J. 2008. Wpływ nawożenia azotem na jakość ziarna odmian tradycyjnych i krótkosłomych pszenżyta ozimego. Fragn. Agron., 1(97): 372-389
357. Samborski S., 2002: Wykorzystanie pomiaru zawartości chlorofilu do diagnozowania stanu odżywienia azotem roślin pszenżyta ozimego. Praca doktorska. SGGW W-wa.: 13
358. Santiveri F., Royo C., Romagosa I. 2004. Growth and yield responses of spring and winter triticales cultivated under Mediterranean conditions. Eur J Agron 20: 281–292

359. Sawicka A., Kryszak J., Niewiadomska A. 1999. Wpływ magnezu na biologiczne wiązanie azotu w uprawie mieszanek traw z motylkowatymi. *Łąkarstwo w Polsce* 2: 129-134
360. Sawicka B., Michałek M. 2003. Zmiany aktywności fotosyntetycznej i plonowanie odmian ziemniaka w warunkach środkowo-wschodniej Polski. *Konf. Nauk. Znaczenie odmiany w agrotechnice i przechowalnictwie ziemniaka. Jadwisin 26-27 marca 2003*
361. Sayed O.H. 2003. Chlorophyll fluorescence as a tool in cereal crop research, *Photosynthetica*, 41: 321-330
362. Schevchenko V.E., Karpachev V.V., 1985. Genetic resistance to fungus diseases in all triticale varieties. *Genetics and Breeding of Triticale. Eucarpia Meeting, Clermont-Ferrand, 2–5 July 1984*: 565–571
363. Schinkel B. 2002. Triticale-still a healthy crop? *Eucarpia, Poland Vol. I*: 157-162
364. Sekeroglu N., Yilmaz N. 2001. Effect of increasing nitrogen doses on yield and yield components in some triticale lines under dry conditions in Eastern Anatolia. *Pak. J. Biol. Sci.* 4: 672–673.
365. Shewry P.R., 2007. Improving the protein content and composition of cereal grain. *J. Cereal Sci.* 46: 239–250
366. Sinoquet H., Andrieu B. 1995. The geometrical structure of plant canopies: characterization and direct measurement methods. *Crop structure and light microclimate, characterization and application. INRA Paris*: 131-158
367. Sisodia N.S., McGinnis R.C. 1970. Importance of hexaploid wheat germplasm in hexaploid triticale breeding. *Crop Sci.* 10: 161-162
368. Siuta A., Dworakowski T., Kuźmicki J. 1998. Plony ziarna i wartość przedplonowa mieszanek zbożowo-strączkowych dla zbóż w warunkach gospodarstw ekologicznych. *Fragm. Agron.*, 2(58): 53-62
369. Skowera B., Puła J. 2004. Skrajne warunki pluwiotermiczne w okresie wiosennym na terenie Polski w latach 1971-2000. *Acta Agrophysica* 3: 171-177
370. Skrzyczyński T., Boligłowa E., Starczewski J. 1992. Wartość przedplonowa roślin strączkowych dla jęczmienia jarego i pszenżyta ozimego. *Fragm. Agron.* 4(36): 35-42
371. Skupińska J., Włodkowski M., Włodkowski L. 1974. Ocena niektórych parametrów analizy wzrostu roślin w czterech odmianach pszenicy o różnej plenności. *Biul. IHAR*, 1-2: 3-16
372. Smagacza J. 1997. Plonowanie i porażenie przez choroby podstawy źdźbła pszenżyta i innych zbóż ozimych w zależności od przedplonu. *Zesz. Nauk Akad. Rol. Szcz.*, Rol., 175: 405-411
373. Sobczyk A., Kogut B., Surdel M. 2009. Zmiany wartości przemiałowej wybranych odmian pszenżyta ozimego przed wpływem nawożenia azotowego. *Zeszyty Prob. Poł.-Wsch. Od. Pol. Tow. Inż. Ekol. i Pol. Tow. Gleb. Oddział w Rzeszowie* 11: 243-249
374. Sobkowicz P., Podgórska M. 2006. Wartość pokarmowa mieszanek jęczmienia, owsa i pszenżyta w zależności od ilości wysiewu. *Pam. Puł.* 142: 465-478
375. Solomon B.D. 2010. Biofuels and sustainability. *Ann NY Acad Sci.* 1185: 119–134
376. Spiertz J.H.J., Grashoff C. 1995. Agro-ecological optimization of cereal- based cropping system. *Fragm. Agron.* 12(2): 196-205
377. Spychaj-Fabisiak E., Łozek O., Knapowski T., Ralcewicz M. 2005. Ocena oddziaływanie terminu siewu nawożenia azotem na wysokość plonu i zawartość białka ogólnego w ziarnie pszenżyta. *Fragm. Agron.* 22(1): 550–562
378. Srivastava A., Greppin H., Strasser R.J. 1995. Acclimation of land plants to diurnal changes in temperature and light, in: P. Mathis (Ed.), *Photosynthesis: From Light to Biosphere*, Kluwer Academic Publishers 4: 909–912

379. Srivastava A., Guisse B., Greppin H., Strasser R.J. 1997. Regulation of antenna structure and electron transport in PSII of *Pisum sativum* under elevated temperature probed by the fast polyphasic chlorophyll a fluorescence transient OKJIP, *Biochim. Biophys. Acta* 1320: 95–106
380. Srivastava A., Strasser R.J., Govindjee 1999. Greening of peas: parallel measurements of 77 K emission spectra, OJIP chlorophyll a fluorescence, period four oscillation of the initial fluorescence level, delayed light emission, and P700, *Photosynthetica* 37: 365–392
381. Stallknecht G.F., Gilbertson K.M., Ranney J.E. 1996. Alternative wheat cereals as food grains: einkorn, emmer, spelt, kamut and triticale. *Progress in new crops. Proceedings of the third national symposium*, Alexandria: 156-170
382. Starck Z. 1995. Współzależność pomiędzy fotosyntezą i dystrybucją asymilatów a tolerancją roślin na niekorzystne warunki środowiska. *Post. Nauk Rol.* 3: 19-35
383. Starck Z. 2002. Mechanizmy integracji procesów fotosyntezy i dystrybucji biomasy w niekorzystnych warunkach środowiska. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 481: 111-123
384. Stępień A., Wojtkowiak K., 2013. Composition of gluten proteins in spring and winter wheat grain cultivated under conditions of varied fertilization. *Acta Agr. Scand. B-S P.* 63(7): 588-594
385. Strasser R.J., Srivastava A., Tsimilli-Michael M. 2000. The fluorescence transient as a tool to characterize and screen photosynthetic samples, in: M. Yunus, U. Pathre, P. Mohanty (Eds.), *Probing Photosynthesis: Mechanism, Regulation and Adaptation*, Taylor and Francis, London, UK: 443–480
386. Strasser R.J., Tsimilli-Michael M., Srivastava A. 2004. Analysis of the chlorophyll fluorescence transient, in: G.C. Papageorgiou, Govindjee (Eds.), *Chlorophyll Fluorescence: A Signature of Photosynthesis, Advances in Photosynthesis and Respiration*, vol. 19, Springer, Dordrecht, The Netherlands: 321–362
387. Stribet A., Govindjee 2011. On the relation between the Kautsky effect (chlorophyll a fluorescence induction) and Photosystem II: Basics and applications of the OJIP fluorescence transient. *J. Photochem. Photobiol. B: Biol.* DOI: 10.1016/j.jphotobiol.2010.12.010 (18.11.2014)
388. Strzembicka A. 2007. Występowanie macznika prawdziwego (*Blumeria graminis* sp.) na pszenicy w Polsce. Konferencja naukowa 'Nauka dla hodowli roślin uprawnych' Zakopane 29 stycznia-2 lutego 2007: 42
389. Subrahmanyam D., 2002 Interrelationship between Leaf Gas-Exchange Characteristics, Area Leaf Mass, and Yield in Soybean (*Glycine max* L. Merr) Genotypes. *Photosynthetica* 40/3: 441-444
390. Sulewska H., Koziara W., Bojarczuk J. 2007. Kształtowanie plonu i jakości wybranych genotypów *Triticum durum* Desf. w zależności od nawożenia i gęstości siewu. *Biul. IHAR* 245: 17-28
391. Sułek A. 2003. Wpływ dawek azotu na plon ziarna i jego komponenty u nowych odmian owsa. *Biul. IHAR*, 229: 125-129
392. Sułek A., Podolska G., Leszczyńska D., Noworolnik K. 2007. Reakcja zbóż na nawożenie azotem. *Studia i Raporty IUNG-PIB.* 9: 29-36
393. Sutton K.H., Hay R.L., Mouat C.H. 1992. The effect of kernel weight on the assessment of baking performance of wheats by RP-HPLC of glutenin subunits from single grain. *Journal of Cereal Science* 15: 253-265
394. Szmigiel A. 1999. Wpływ technologii uprawy na plonowanie pszenicy ozimej. *Pam. Puł.* 118: 423-429
395. Szmigiel A., Kielbasa S., Paradowski R. 1997. Wpływ zagęszczonego siewu i retardantów na architekturę łanu i plonowanie zbóż jarych w warunkach górskich. *Biul. Reg. AR Krak.* 314: 31 – 34

396. Szmigiel A., Oleksy A. 1997. Wpływ kierunku siewu na powierzchnię asymilacyjną liści oraz plonowanie i zawartość białka w ziarnie pszenżyta jarego. Biul. Reg. AR Kraków, 314: 26-30
397. Szmigiel A., Oleksy A. 2004. Kształtowanie się powierzchni liści dwóch odmian pszenżyta jarego w zależności od jego udziału w mieszance z pszenicą. Biul. IHAR 231:211-221
398. Szpunar-Krok E. 2011. Produkcyjne i ekonomiczne efekty wybranych technologii produkcji nasion roślin strączkowych w siewie czystym i ich mieszanek ze zbożami. Wydawnictwo Uniw. Rzeszow. Rozpr. Hab.
399. Szumiło G., Rachoń L. 2006. Oddziaływanie faz elektromagnetycznych na plonowanie oraz jakość nagoziarnistych i oplewionych odmian jęczmienia jarego i owsa. Acta Agrophysica 8(2): 501-508
400. Ścigalska B., Łabuz B. 2008. Produkcyjność pszenżyta ozimego i jarego w płodozmianie i monokulturach zbożowych na glebie kompleksu żyniego dobrego. Fragm. Agron. 3(99) : 197-205
401. Ścigalska B., Pisulewska E., Kołodziejczyk M. 2000. Zawartość makro- i mikrośladników w ziarnie odmian pszenżyta jarego. Folia Univ. Agric. Stetin. 206, Agricultura 82: 287-292
402. Śmiałowski T. 2003. Zmienność oraz zależność między plonem a cechami użytkowymi owsów oplewionych, nieoplewionych i wczesnych. Biul. IHAR, 230: 399-407
403. Świdarska-Ostapiak M., Stankowski S. 2002. Wpływ nawożenia azotem i siarką na plonowanie i komponenty plonu owsa nieoplewionego i oplewionego. Zesz. Prob. Post. Nauk Roln., 484(2): 711-717
404. Tarkowski C. 1989. Biologia pszenżyta. Państwowe Wydawnictwo Naukowe.
405. Thomas J.B., Kaltsikes P.J. 1972. The genomic origin of the unpaired chromosomes in triticale. Can. J. Genet. Cytol. 18: 687-700
406. Tobiasz-Salach R., Bobrecka-Jamro D. 2006. Wpływ nawożenia azotowego na plon ziarna, zawartość białka i elementy struktury plonu owsa. Biul. IHAR, 239: 41-47
407. Tohver M., Kann A., Taht R., Mihhalevski A. and Hakman J. 2005. Quality of triticale cultivars suitable for growing and bread-making in northern conditions. Food Chem. 89: 125-132
408. Tsimilli-Michael, M. & Strasser, R.J. 2008. In vivo assessment of plant vitality: applications in detecting and evaluating the impact of mycorrhization on host plants, in: A. Varma (Ed.), Mycorrhiza: State of the Art, Genetics and Molecular Biology, Eco-Function, Biotechnology, Eco-Physiology, Structure and Systematics, 3rd ed., Springer, Dordrecht, The Netherlands: 679-703
409. Uperty D.C., Sirohi G.S. 1987. Comparative study on the effect of water stress on photosynthesis and water relations of triticale, rye and wheat. J. Agron. Crop Sci. 159: 349-355
410. USDA/ARS 2012. DOI: [ndb.nd.usda.gov/ndb/foods/show/64792.menu=&fgcd=\(15.12.2012\)](http://ndb.nd.usda.gov/ndb/foods/show/64792.menu=&fgcd=(15.12.2012))
411. Vacha F, Vejsada P, Huda J and Hartvich P. 2007. Influence of supplemental cereal feeding on the content and structure of fatty acids during long-lasting storage of common carp (*Cyprinus carpio* L.). Aquacul Int 15:321-329
412. Veitch R. S., Caldwell C. D., Martin R. A., Lada R., Salmon D., Anderson, D. M., MacDonald D. 2008. Susceptibility of winter and spring triticales to fusarium head blight and deoxynivalenol accumulation. Can. J. Plant Sci. 88: 783-788
413. Wakuliński W., Zamorski Cz., Nowicki B. 2007. Podatność odmian i linii hodowlanych pszenżyta na porażenie przez *Blumeria graminis* (DC) Speer. Progress In Plant Protection 47: 361-365.

414. Wakuliński W., Zamorski Cz., Nowicki B., Schollenberger M., Mirzwa-Mróz E., Mikulski W., Konieczny M. 2005. Grzyby *Blumeria Graminis* (DC) Speer poważnym zagrożeniem dla pszenżyta. *Prog. Plant Prot./Post. Och. Roślin* 45: 505-510
415. Walker A.S., Bouguennec A., Confais J., Morgant G., Leroux P. 2011. Evidence of host-range expansion from new powdery mildew (*Blumeria graminis*) infections of triticale (*x Triticosecale*) in France. *Plant Pathology* 60: 207-220
416. Warechowska M., Domska D. 2006. Porównanie wskaźników przydatności technologicznej oraz zawartości makroelementów w ziarnie wybranych odmian pszenżyta ozimego. *Folia Univ. Agric. Stetin Agricultura* 247(100): 211-216
417. Wesołowski M., Gregorczyk K. 1999. Plonowanie pszenżyta ozimego w różnych warunkach następstwa i ochrony roślin. *Rocz. Nauk Rol. A*, 114(1-2): 183-191
418. Wilczewski E. 2014. Wpływ intensywności uprawy i międzyplonu ścierniskowego na plonowanie jęczmienia jarego. *Fragm. Agron.* 31(1): 95-112
419. Wilgosz E., Dmowski Z., Nowak L. 2005. Wpływ sumy i rozkładu opadów na plonowanie pszenżyta ozimego uprawianego na różnych kompleksach glebowo-rolniczych w środkowej części Polski. *Woda – Środowisko - Obszary Wiejskie*. 5(14): 341-352
420. Wilgosz E., Dmowski Z., Nowak L. 2005. Wpływ sumy i rozkładu opadów na plonowanie pszenżyta ozimego uprawianego na różnych kompleksach glebowo-rolniczych w północnej części Polski. *Woda – Środowisko - Obszary Wiejskie*. 5(14): 327-339
421. Wiśniewska H., Kowalczyk K. 2005. Resistance of cultivars and breeding lines of spring wheat to *Fusarium culmorum* and powdery mildew. *J. Appl. Genet.* 46(1): 35-40
422. Wojciechowska-Wyskupajtys U. 1996. Fotosynteza w warunkach stresu świetlnego i żywieniowego. *Ekofizjologiczne aspekty reakcji roślin na działanie abiotycznych czynników stresowych*. PAN Kraków: 567-573
423. Wojcieszka U., Gontarczuk W.A. 1989. Fizjologia pszenżyta. [W:] *Biologia pszenżyta*. Red. Tarkowski Cz. PWN Warszawa: 57-98
424. Wojcieszka U., Wolska E., Giza A. 1990. Dynamika wzrostu i pobierania składników pokarmowych przez ozime formy pszenżyta, pszenicy, żyta w warunkach zróżnicowanego żywienia NPK. I wzrost, rozwój i struktura plonu. *Pam. Puł.* 97: 66-81
425. Wojtkowiak K. 2004. Wpływ techniki nawożenia na plonowanie i jakość ziarna pszenżyta. Cz. I. Plon i zawartość azotu w ziarnie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 502: 43-50
426. Wojtkowiak K. 2014. Wpływ sposobu nawożenia azotem na jakość ziarna pszenżyta jarego odmiany Milewo. Część II – plonowanie i zawartość składników pokarmowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 576: 217-226
427. Wojtkowiak K., Domska D. 2009. Wpływ techniki nawożenia na wielkość i jakość plonu ziarna pszenżyta jarego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 538: 357-363
428. Wojtkowiak K., Stepień A., Tańska M., Konopka I., Konopka S. 2013. Impact of nitrogen fertilization on the yield and content of protein fractions in spring triticale grain. *Afr. J. Agric. Res.* 8(28): 3778-3783
429. Woźniak A. 2006. Plonowanie i jakość ziarna pszenicy jarej zwyczajnej (*Triticum aestivum* L.) i twardej (*Triticum durum* Desf.) w zależności od poziomu agrotechniki. *Acta Agrophys.*, 8(3): 755-763
430. Woźniak A., Stolarska A., Wróbel J., Marska B. 2008. Effect of exogenous growth regulators on crop yield, assimilation pigment content and stomatal index in soya bean (*Glycine max*). *ECE A* 15: 429-434.
431. Woźniak A. 1993. Architektura łanu i struktura plonu pszenżyta ozimego uprawianego w dwóch płodozmianach. *Fragm. Agron.*, 4(93): 45-46
432. Wróbel E., Jabłoński H. 2004. Wpływ sposobu ochrony przed chorobami grzybowymi na plonowanie pszenżyta ozimego. *Act. Sci. Pol. Agricultura* 3(1): 55-61

433. Wróbel E., Kijora C. 2004. Wpływ wybranych czynników agrotechnicznych na plonowanie i jakość ziarna owsa nagoziarnistego. *Pam. Puł.*, 135:331-340
434. Zając T., Szafrński W., Gierdziewicz M., Pieniek J 2006. Plonowanie pszenżyta ozimego uprawianego po różnych przedplonach. *Fragm. Agron.*, 2(90): 174-183
435. Zarco-Tejada P.J., Ustin S.L., Whiting M.L. 2005. Temporal and spatial relationships between within-field yield variability in cotton and high spatial hyperspectral remote sensing imagery. *Agronomy Journal*. 97: 641–653
436. Zarghi H., Golian A. 2009. Effect of Triticale replacement and enzyme supplementation on performance and blood chemistry of broiler chickens. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 8(7): 1316-1321
437. Zawadzki S i in. 2006 *Gleboznawstwo*. PWRiL Warszawa, Wydanie IV: 560
438. Zbroszczyk T., Nowak W. 2009. Wpływ poziomu ochrony i nawożenia azotem na plonowanie i skład chemiczny ziarna kilku odmian jęczmienia jarego pastewnego Część I. *Plonowanie. Biul. IHAR* 251: 137–144
439. Zhao D.L., Oosterhuis D.M., Bednarz C.W. 2001. Influence of potassium deficiency on photosynthesis chlorophyll content and chloroplast ultra structure of cotton plants *photosynthetica* 39: 103-109
440. Zheng G., Moskal M. 2009.. Retrieving Leaf Area Index (LAI) using remote sensing: Theories, methods and sensors. *Sensors*. 9 : 2719–2745
441. Zych J. 2012. Lista opisowa odmian. Pszenżyto ozime. COBRU, Słupia Wielka: 108-121

Spis tabel

Numer	Tytuł	Strona
Tabela 1	Porównanie składu chemicznego pszenżyta z innymi zbożami (%)	11
Tabela 2	Porównanie pobierania składników pokarmowych (kg·dt ⁻¹) ziarna wraz ze słomą.....	21
Tabela 3	Środki ochrony roślin stosowane w technologiach produkcji pszenżyta ozimego.....	28
Tabela 4	Układ warunków pogodowych w latach 2011-2014 (wg Stacji Meteorologicznej Uniwersytetu Rzeszowskiego w Rzeszowie-Zalesiu)	33
Tabela 5	Współczynnik hydrotermiczny Sielanianowa w okresie wegetacji roślin	34
Tabela 6	Wybrane właściwości gleby przed założeniem doświadczenia.....	35
Tabela 7	Przebieg wegetacji pszenżyta ozimego, na tle warunków pogodowych	37-38
Tabela 8	Ocena wylegania roślin (w skali 9°).....	39
Tabela 9	Porażenie roślin przez fuzariozę kłosów (<i>Fusarium spp.</i>).....	40
Tabela 10	Porażenie roślin przez pleśń śniegową(<i>Microdochium Nivale</i>) i procent roślin martwych w sezonie wegetacyjnym 2012/2013 (ocena w dniu 15.04.2013 r.).....	41
Tabela 11	Porażenie roślin przez septoriozę, rynchosporiozę, rdzę brunatną, mączniaka prawdziwego oraz choroby podstawy źdźbła- technologia niskonakładowa (A ₁).....	42
Tabela 12	Zawartość chlorofilu w liściu flagowym (CCI – Chlorophyll Concentration Index).....	45
Tabela 13	Wskaźnik powierzchni liści (LAI) - średnio za lata 2012-2014	47
Tabela 14	Wskaźnik kąta nachylenia liści (MTA) w stopniach -średnio za lata 2012-2014	49
Tabela 15	Wybrane wskaźniki wymiany gazowej w liściu w fazie strzelania w źdźbło (BBCH 32)- średnio za lata 2012-2014	54
Tabela 16	Wybrane wskaźniki wymiany gazowej w fazie kłoszenia (BBCH 51-54)- średnio za lata 2012-2014	55
Tabela 17	Wybrane wskaźniki wymiany gazowej w fazie dojrzałości mleczej (BBCH 73)- dane dla 2014 r.	56
Tabela 18	Wybrane wskaźniki fluorescencji chlorofilu w fazie strzelania w źdźbło (BBCH 32) średnio z lat 2012-2014.....	59
Tabela 19	Wybrane wskaźniki fluorescencji chlorofilu w fazie kłoszenia (BBCH 51-54) średnio z lat 2012-2014.....	60
Tabela 20	Wybrane wskaźniki fluorescencji chlorofilu w fazie dojrzałości mleczej (BBCH 73) średnio z lat 2012-2014	61
Tabela 21	Cechy morfologiczne roślin pszenżyta ozimego	63
Tabela 22	Cechy kształtujące plon ziarna pszenżyta ozimego	66
Tabela 23	Plon ziarna pszenżyta ozimego w latach 2012-2014	68
Tabela 24	Współdziałanie technologii produkcji i odmiany w kształtowaniu plonu ziarna	69
Tabela 25	Masa 1000 ziaren i gęstość ziarna w stanie zsypanym	71
Tabela 26	Udział frakcji ziarna w plonie i celność ziarna	74
Tabela 27	Plon słomy pszenżyta ozimego w latach 2012-2014	76
Tabela 28	Współdziałanie technologii produkcji i odmiany w kształtowaniu plonu słomy	77
Tabela 29	Tabela korelacji prostych – technologia niskonakładowa (A ₁)	80
Tabela 29a	Tabela korelacji prostych – technologia wysokonakładowa (A ₂)	81
Tabela 30	Zawartość składników organicznych i popiołu w ziarnie pszenżyta ozimego - średnio za lata	84
Tabela 31	Zawartość makroelementów w ziarnie pszenżyta ozimego – średnio za lata	87

Tabela 32	Zawartość mikropierwiastków w ziarnie pszenżyta ozimego – średnio za lata	88
Tabela 33	Stosunki jonowe pomiędzy pierwiastkami w ziarnie pszenżyta ozimego – średnio za lata	89
Tabela 34	Plon białka ogółem i wartość energetyczna plonu ziarna pszenżyta ozimego w zależności od technologii produkcji- średnio za lata	91

Spis wykresów

Numer	Tytuł	Strona
Wykres 1	Ilość opublikowanych pozycji na temat pszenżyta (ISI Web of Science®, Maj 2014)	7
Wykres 2	Powierzchnia uprawy pszenżyta na świecie w 2012 roku (ha), (Food and Agriculture Organization, 2014)	8
Wykres 3	Plon pszenżyta na świecie w 2012 roku (hg/ha), (Food and Agriculture Organization, 2014)	9

Streszczenie

Opracowanie zawiera wyniki badań nad pszenżytem ozimym, uzyskane ze ścisłych doświadczeń polowego, przeprowadzonych w sezonach wegetacyjnych 2011/2012, 2012/2013 i 2013/2014 na glebie ciężkiej kompleksu pszennego dobrego, klasy bonitacyjnej II (Boguchwała 21°57' E, 49°59' N). Doświadczenie realizowano jako dwuczynnikowe, w układzie split-block, w 4 powtórzeniach. Czynnikiem doświadczenia były: I) technologia produkcji, zróżnicowana poziomem zużycia środków ochrony roślin i nawożenia azotem (A_1 – technologia niskonakładowa, A_2 – technologia wysokonakładowa), II) odmiana (Agostino, Alekto, Algozo, Baltiko, Borowik, Elpaso, Fredro, Maestrozo, Pizarro, Todan).

Terminy wchodzenia roślin w poszczególne fazy rozwojowe i długość ich trwania zależały głównie od przebiegu warunków pogodowych w latach badań.

Technologia produkcji nie różnicowała istotnie zawartości chlorofilu w liściu flagowym, wskaźników struktury przestrzennej ładu oraz przebiegu wymiany gazowej w liściu flagowym, natomiast wpłynęła na wzrost wartości wskaźnika potencjalnej wydajności PS II w fazach BBCH 32 i 51-54 oraz funkcjonowania PS II w fazach BBCH 32 i 73. Największą zawartością chlorofilu w fazach BBCH 32, 51-54 i 73 wyróżniły się odmiany Elpaso, Borowik, Alekto i Agostino, a wskaźnik LAI kształtował się najkorzystniej u odmian Baltiko, Elpaso i Alekto. Najwyższymi wartościami parametrów F_v/F_m i PI cechowała się najwyżej plonująca odmiana Agostino. Najwyższą intensywność fotosyntezy netto odnotowano u roślin odmian Agostino i Fredro, intensywność transpiracji – u Alekto, przewodnictwo szparkowe – u Agostino i Alekto, a stężenie wewnątrzkomórkowe CO_2 – u Todan. Najefektywniej gospodarowały wodą odmiany Pizarro i Maestrozo. Intensyfikacja technologii produkcji wpłynęła na zmniejszenie wysokości roślin oraz wzrost obsady kłosów na $1m^2$, masy ziaren z kłosa, masy 1000 ziaren i gęstości ziarna w stanie zsypanym oraz znacząco ograniczyła występowanie na roślinach chorób powodowanych przez grzyby.

W technologii wysokonakładowej nastąpił istotny wzrost plonu ziarna (o 27,5%), słomy (o 11,5%) i białka (o 31,2%) oraz wartości energetycznej plonu ziarna (o 27,5%) w porównaniu do technologii niskonakładowej. Najwyższy plon ziarna w technologii niskonakładowej wydała krótkosłoma odmiana Agostino, zaś w technologii wysokonakładowej badane odmiany plonowały na zbliżonym poziomie. W obu technologiach produkcji plon ziarna był dodatnio skorelowany z masą ziaren z kłosa, masą 1000 ziaren, długością kłosa, obsadą kłosów na $1m^2$ i plonem słomy oraz parametrami wymiany gazowej (P_n , G_s), a ujemnie skorelowany z LAI. W technologii niskonakładowej stwierdzono dodatnią zależność pomiędzy plonem ziarna i parametrami fluorescencji chlorofilu: F_v/F_o , F_v/F_m , PI, a w technologii wysokonakładowej z F_v/F_o oraz F_v/F_m – tylko w fazie BBCH 73.

Zwiększenie intensywności technologii produkcji wpłynęło na istotny wzrost zawartości w ziarnie pszenżyta ozimego białka ogółem oraz P, Fe i Mn, nie modyfikowało natomiast wzajemnych relacji pomiędzy pierwiastkami. Ziarno odmian pszenżyta ozimego charakteryzowało się zbyt niskimi w odniesieniu do wymagań pokarmowych zwierząt wartościami proporcji Fe:Mn i Ca:P, a wysokimi K:Na. Najbardziej zbliżone do optymalnych wartości stosunku K:(Ca+Mg) posiadały odmiany Todan i Baltiko, proporcji Ca:P – Elpaso i Baltiko, Fe:Mn – Elpaso, a Mn:Zn – Algozo.

Summary

This paper presents the results of a three years field experiments on winter triticale conducted during the 2011/2012, 2012/2013 and 2013/2014 growing seasons. These experiments were located on good wheat soil complex, quality II soil class in Boguchwała (21°57 'E, 49°59' N). The trials were carried out as two factors in a split-block system, with 4 replications.

The aim of this study was to assess the impact of production technology on vegetative growth, yield, components of its structure, grain quality and selected physiological processes (photosynthesis) as well as canopy architecture indicators of ten winter triticale cultivars (Agostino, Alekto, Algoso, Baltiko, Borowik, Elpaso, Fredro, Maestrozo, Pizarro, Todan). Production technology were diversify on nitrogen and pesticides doses.

These study results have shown that vegetation process in winter triticale including its lenght depended on the technology and cultivars from stem elongation. Production technology had no impact on the chlorophyll content and gas exchange in flag leaves and canopy architecture indicators, but had significant influence on increase maximum efficiency of PSII ratio in BBCH 32 and BBCH 51-54 phases. The highest chlorophyll content in BBCH 32, BBCH 51-54 and BBCH 73 phases distinguished cultivares Elpaso, Borowik, Alekto, Agostino and LAI index stood preferably in the cultivares Baltiko, Elpaso and Alekto. The highest values of the Fv/Fm and PI parameters was characterized by the cultivar with the highest yield – Agostino. The highest intensity of net photosynthesis had Agostino and Fredro cultivares, the intensity of transpiration – in Alekto, stomatal conductance - in Agostino, Alekto cultivars and the intracellular concentration of CO₂ - in Todan. The most effective water use efficiency had Pizarro and Maestrozo cultivars. Intensification of production technology resulted in a decrease in plant height and increase spike density per 1m², grain weight of the spike, 1000 grains weight and test weight and significantly reduced plants diseases caused by fungi.

In high input technology has been a significant increase in grain yield (27.5%), straw (11.5%), protein (31.2%) and the energy value of grain yield (27.5%) compared to low-input technology. The highest grain yield in low-input technology has released in Agostino cultivar and in high-input technology tested cultivars yielded similar. In both technologies, the production of grain yield was positively correlated with the mass of grains per spike, 1000 grain weight, spike lenght, spike density per 1 m², yield of straw and gas exchange parameters (Pn, Gs) but negatively correlated with LAI.

Increasing production technology resulted in a significant increase in content in the grain triticale total protein and P, Fe and Mn but not modified the relationship between the elements. Grain cultivars of winter triticale characterized by too low in relation to the nutritional needs of animals the values of the proportion of Fe : Mn, Ca : P and high K : Na. Closest to the optimum ratio K : (Ca + Mg) have a cultivars Todan and Baltiko, the proportion of Ca : P - Elpaso and Baltiko, Fe : Mn - Elpaso, Mn : Zn - Algoso.