UNIWERSYTET WARMIŃSKO-MAZURSKI
W OLSZTYNIE
WYDZIAŁ ROLNICTWA I LEŚNICTWA
Katedra Agrotechnologii i Agrobiznesu

mgr Jan Falkowski

REAKCJA PSZENŻYTA OZIMEGO NA WYBRANE CZYNNIKI AGROTECHNICZNE

Olsztyn 2023

UNIVERSITY OF WARMIA AND MAZURY
IN OLSZTYN
FACULTY OF AGRICULTURE AND FORESTRY
Department of Agrotechnology and Agribusiness

Jan Falkowski, MSc

THE RESPONSE OF WINTER TRITICALE TO DIFFERENT AGROTECHNICAL FACTORS

Olsztyn 2023

Praca na stopień doktora nauk rolniczych
w dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo
wykonana w Katedrze Agrotechnologii i Agrobiznesu
Wydziału Rolnictwa i Leśnictwa
Uniwersytetu Warmińsko–Mazurskiego w Olsztynie
pod kierunkiem
dr hab. inż. Stanisława Bielskiego, prof. uczelni

Wyniki przedstawione w niniejszej pracy zebrano z 3-letnich badań finansowanych przez Uniwersytet Warmińsko–Mazurski w Olsztynie w ramach tematu pt.: Wydajność i efektywność produkcji roślinnych surowców strategicznych i biosurowców (nr 30.610.013-110)

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP I CEL PRACY 6

2. PRZEGLĄD PIŚMIENINICTWA 9

3. METODYKA I WARUNKI BADAŃ 20

3.1. Opis doświadczenia 20
3.2. Zakres badań polowych i laboratoryjnych 23
3.3. Energetyczna ocena produkcji pszenżyta ozimego 24
3.4. Ekonomiczna ocena produkcji pszenżyta ozimego 27
3.5. Analiza statystyczna wyników 27
3.6. Charakterystyka badanych odmian pszenżyta ozimego wg COBORU 27

4. WYNIKI BADAŃ 29

4.1. Agrometeorologiczne uwarunkowania wegetacji i plonowania pszenżyta ozimego 30
4.2. Porażenie roślin przez patogeny grzybowe 32
4.3. Cechy morfologiczne roślin 36
4.3.1. Długość źdźła pszenżyta ozimego 36
4.4. Plon ziarna i elementy składowe 37
4.4.1. Obsada źdźbeł kłosonośnych 38
4.4.2. Liczba ziaren w kłosie 39
4.4.3. Masa 1000 ziaren 40
4.5. Skład chemiczny ziarna psznżyta ozimego 41
4.5.1. Zawartość białka surowego 41
4.5.2. Zawartość skrobi 43
4.5.3. Zawartość tłuszczu surowego 44
4.5.4. Zawartość włókna surowego 44
4.5.5. Zawartość popiołu 45
4.5.6. Zawartość makroelementów 46
4.5.7. Zawartość mikroelementów 49
4.6. Ocena efektywności produkcji ziarna pszenżyta oziemgo 52
4.6.1. Energetyczna ocena produkcji pszenżyta ozimego 52
4.6.2. Ekonomiczna ocena produkcji pszenżyta ozimego 55

5. DYSKUSJA 58

6. WNIOSKI 80

7. SPIS PIŚMIENNICTWA 82

STRESZCZENIE 104

ABSTRACT 106

1. WSTĘP I CEL PRACY

Zboża zajmują niezmiernie ważne miejsce w gospodarce żywnościowej Polski (Urban 2015). W krajowym rolnictwie w 2021 roku obszar zajęty przez zboża wynosił 68,4% ogólnej powierzchni zasiewów. Stanowiło to 7,5 mln ha i było to obszar zbliżony do roku 2020 ale mniejszy o 5,6% niż w roku 2019 (GUS 2023). Polska należy do czołowych producentów zbóż w Unii Europejskiej zajmując pod tym względem trzecie miejsce z wynikiem 34 mln ton. Zdaniem wielu autorów (Kopiński 2011, Jaśkiewicz i Sułek 2012, 2013) warunki klimatyczne w Polsce umożliwiają produkcję wszystkich gatunków zbóż podstawowych. Na podkreślenie zasługuje również fakt, że w Polsce występuje największa powierzchnia zasiewów pszenżyta na świecie (GUS 2023). Największy udział tego gatunku w krajowej produkcji występuje na obszarze województwa wielkopolskiego oraz środkowej i wschodniej część Polski (Jaśkiewicz i wsp. 2019). Niestety powierzchnia zasiewów tego gatunku nie harmonizuje z wielkością produkcji ziarna. Największe plony ziarna pszenżyta ozimego uzyskiwane są w Danii (7,10 $t \cdot ha^{-1}$), Belgii (6,34 $t \cdot ha^{-1}$) i Niemczech (5,81 $t \cdot ha^{-1}$). Polska plasuje się dopiero na 18 miejscu ze średnim plonem w 2021 roku na poziomie 4,17 $t \cdot ha^{-1}$.

Problemy produkcyjne, szczególnie zmienna wydajność, porastanie przed zbiorami, a także tworzenie lekkich, pomarszczonych ziaren o niskiej gęstość energetycznej i zmiennym składzie o niskiej smakowitości, początkowo ograniczały zainteresowanie uprawą pszenżyta (Varughese i wsp. 1996, Boros 2002). Obecnie pszenżyto ozime w Polsce jest gatunkiem o dużym znaczeniu gospodarczym. Zbiory ziarna pszenżyta w 2021 roku wyniosły 5,4 mln ton, co klasyfikuje je na drugim miejscu pod względem wielkości zbiorów – po ziarnie pszenicy (12,1 mln ton) (GUS 2022). Jest pierwszym zbożem hybrydowym, które odniosło sukces. Wynika to głównie z korzystnych cech tego gatunku, m.in.: wysokiej zawartości białka w ziarnie, wyższej niż u żyta strawność, lepszego niż u pszenicy składu aminokwasowego, mniejszych w porównaniu do pszenicy wymagań glebowych, większej odporności na suszę (Erekul i Köhn 2006, Estrada-Campuzano i wsp. 2012) oraz wyższej niż u pszenicy i żyta odporności na choroby (Jaśkiewicz i Cyfert 2005, Jaśkiewicz 2006a). Cechą charakterystyczną pszenżyta jest zawartość błonnika pokarmowego – arabinoksylanów, związków fenolowych o działaniu przeciwutleniającym, 5-alkilorezorcynoli, niektórych fitoestrogenów, witamin i mikroelementów (Jonnala i wsp. 2010).

Formą mateczną pszenżyta jest pszenica zwyczajna, dzięki której pszenżyto zawdzięcza białko o korzystnym składzie aminokwasowym. Formą ojcowską jest żyto uprawne, dzięki któremu pszenżyto zadowala się niewielkimi wymaganiami glebowymi (Borowy 2015). Gatunek ten cechuje się niższymi wymaganiami uprawowymi i glebowymi

niż pszenica, natomiast dysponuje wyższą wartością paszową niż żyto, a ponadto zawiera mniejszą koncentracją substancji antyżywieniowych (zwłaszcza polisacharydów) w porównaniu z ziarnem żyta (Stankiewicz 2005, Warechowska i Domska 2006, Labudda i wsp. 2011). Powyższe cechy wpłynęły na rozszerzenie areału uprawy pszenżyta w Polsce i skutkowało korzystnym oddziaływaniem na bilans paszowy. Również w warunkach amerykańskich badania przeprowadzone nad pszenżytem wykazywały niezmiennie większe plony paszowe w porównaniu z pszenicą (Kim i wsp. 2017). Podobnie, w doświadczeniach w północnym Meksyku otrzymywano znacznie większe plony suchej masy pszenżyta ozimego w porównaniu do pszenicy, jak i żyta (Hede 2000). Fraś i wsp. (2016, 2018a) twierdzą, że pszenżyto cechuje się niezmiennie wysoką wydajnością w różnych warunkach klimatycznych na całym świecie. Wzrost powierzchni uprawy pszenżyta spowodował wzrost podaży ziarna, co wpływa istotnie na bilans zbożowy kraju (Jaśkiewicz i Sułek 2017). Zdaniem Jaśkiewicz i wsp. (2008) pszenżyto zajęło część areału zajmowanego wcześniej przez żyto, przez co zwiększyło ilość białka wnoszonego przez ziarno zbóż do pasz. Zdaniem Krasowicza i Kusia (2010) należy oczekiwać wzrostu areału uprawy tego zboża, co związane jest z jego dużą przydatnością paszową i znacznie mniejszymi wymaganiami płodozmianowymi w porównaniu do pszenicy.

Pszenżyto ma wysoką zdolność adaptacji i tolerancję na stresy abiotyczne (susza, zasolenie, skażenie metalami ciężkimi) i biotyczne (szkody wyrządzone roślinom przez inne organizmy żywe, takie jak bakterie, wirusy, grzyby, pasożyty, owady, szkodliwe, chwasty). W warunkach niekorzystnych osiąga lepsze wyniki w porównaniu z innymi gatunkami zbożowymi (Ammar i wsp. 2004, Mergoum i wsp. 2009, Villegas i wsp. 2010, Blum 2014, Ivanova i Tsenov 2014, Arseniuk i Góral 2015, Randhawa 2015, Cantale 2016, Khan i wsp. 2017, Kirchev i Georgieva 2017, Tyrka i wsp. 2018). Pszenżyto jest również odporne na surowe, zimowe warunki atmosferyczne (Wrigley i Bushuk 2017). Ponadto pszenżyto poprawia stan środowiska ze względu na jego zdolność do ograniczania wymywania do wód gruntowych dzięki rozbudowanemu systemowi korzeniowemu, który jest w stanie wiązać glebę podatną na erozję i zapewnia dobry substrat do przekształcenia przez mikroorganizmy glebowe w węgiel organiczny w glebie (Salmon i wsp. 2004). Pszenżyto umieszczone w płodozmianie redukuje liczbę szkodników glebowych (m.in. nicieni) (Cantale i wsp. 2016).

Blum (2014) podkreśla, że jednym z rozwiązań na zwiększenie powierzchni uprawy pszenżyta jest fakt, że zboże to można uprawiać na gruntach marginalnych, a także w warunkach suszy, które w wyniku globalnych zmian klimatycznych stają się coraz bardziej rozpowszechnione. Wiele odmian pszenżyta ma korzystne właściwości biologiczne i wysoką

jakość ziarna dzięki zwiększonej zawartości białka, a zwłaszcza obecności lizyny (Fraś i wsp. 2016, 2018a). Odmiany te dają możliwość szerszego wykorzystania w żywieniu człowieka. Przykładem może być wypiek chleba z domieszką mąki pszennej, jak również żywienie zwierząt gospodarskich poprzez przygotowywanie skoncentrowanych pasz o podwyższonej wartości odżywczej (Aguirre i wsp. 2002).

Celem badań była:

- ocena wpływu zmiennej dawki azotu i poziomu ochrony fungicydowej na plon i jego strukturę, skład chemiczny ziarna oraz zdrowotność pszenżyta ozimego odmian formy półkarłowej i tradycyjnej,
- ocena efektywności ekonomicznej i energetycznej technologii produkcji ziarna pszenżyta ozimego odmian form półkarłowych i tradycyjnych.

2. PRZEGLĄD PIŚMIENNICTWA

Nazwa botaniczna zboża, które powstało w wyniku skrzyżowania pszenicy z żytem, brzmi ×*Triticosecale* – od *Triticum* (pszenica) i *Secale* (żyto). W Polsce gatunek ten nazwano pszenżytem. W praktyce rolniczej i tematycznej literaturze światowej najczęściej pszenżyto występuje pod nazwą *triticale*. Pierwszym autorem nazwy naukowej pszenżyta jest Ludwig Wittmack, niemiecki botanik. Została przez niego opisana tylko nazwa botaniczna bez opisu taksonomicznego. Natomiast francuska botanik Aimée Antoinette Camus została uznana za autora pełnego opisu taksonomicznego wraz z podaniem nazwy naukowej. Według zasad nazewnictwa botanicznego w pracach naukowych należy podać skrót nazwiska drugiego autora, ewentualnie poprzedzony skrótem pierwszego i dopiskiem 'ex', dlatego też nazwa pszenżyta jako jednostki taksonomicznej brzmi ×*Triticosecale* Wittm. ex A. Camus (gdzie znak x wskazuje na międzyrodzajowego mieszańca (Labudda i wsp. 2011).

Pszenżyto (x *Triticosecale* Wittmack) jest pierwszym, sztucznym gatunkiem zboża. Pierwsza celowa hybryda pszenicy i żyta została opisana przez Wilsona w Szkocji w 1875 (Mergoum i wsp. 2009, McGoverin i wsp. 2011). Jednak pierwsza płodna hybryda pszenicy i żyta została wyprodukowana przez niemieckiego hodowcę W. Rimpau w 1888 roku (Elke i wsp. 2013). Głównym celem było stworzenie gatunku łączącego najlepsze właściwości pszenicy i żyta. Najlepsze cechy pszenicy przydatne do produkcji żywności oraz unikatowych zdolności żyta do adaptacji w trudnych warunkach. Połączenie tych cech w pszenżycie nie zostało jednak w pełni zrealizowane. Mimo tego, cechy dzisiejszego pszenżyta zapewniają tej roślinie wystarczającą przewagę konkurencyjną, aby była coraz częściej uprawiana na całym świecie (Arendt 2013).

Polska ma również znaczące dokonania w hodowli pszenżyta ozimego. Pierwsze próby podjęto w XIX wieku. Odmianę pszenżyta Kruszynkowskie, jako pierwszą zarejestrowano dopiero przed wybuchem II wojny światowej. Lata 80. ubiegłego wieku charakteryzowały się produkcją odmian przeznaczonych do produkcji towarowej. Pierwszą odmianą zarejestrowaną w 1982 roku była ozima forma Lasko, wyhodowana w Poznańskiej Hodowli Roślin (Arseniuk i wsp. 2003).

Pszenżyto jest gatunkiem zboża, które posiada zarówno formę jarą jak i ozimą. Aktualnie w krajowym rejestrze Centralnego Ośrodka Badania Odmian Roślin Uprawnych (COBORU, 2022) znajduje się 67 odmian pszenżyta, w tym 51 odmian ozimych, z czego 36 krajowych i 10 zagranicznych oraz 16 odmian jarych. Większość zarejestrowanych odmian powstało w polskich ośrodkach hodowli. Odmiany te cechują się wysokim stopniem plonowania, odpornością na choroby oraz mają najwyższe predyspozycje do uprawy w kraju.

Polska przoduje w produkcji ziarna pszenżyta nie tylko wśród krajów Unii Europejskiej ale i na świecie. Według danych statystyki międzynarodowej w 2021 r. zebrano na świecie 14,8 mln t tego zboża, w tym znaczną część w Polsce (5,3 mln t). Do znaczących producentów pszenżyta należą również: Niemcy ze zbiorami na poziomie 1,9 mln t, Francja i Białoruś po ok. 1,7 mln t (FAOSTAT 2023). Przytoczone dane jednoznacznie wskazują, że pszenżyto jest polską specjalnością. Polska hodowla pszenżyta jest bardzo ceniona na świecie, ponieważ krajowe odmiany uważane są za najwydajniejsze na świecie i zajmują ok. 70–80% powierzchni jego uprawy (Jaśkiewicz 2015a). Pszenżyto jest gatunkiem o dużym znaczeniu gospodarczym, zajmującym solidną pozycję w strukturze gatunkowej zbóż. Pszenżyto w wielu przypadkach zajęło miejsce żyta jako zboża pastewnego. Znaczna część zbiorów ziarna pszenżyta w Polsce (około 85%) kierowane jest na skarmianie przez różne gatunki zwierząt (Jaśkiewicz 2017).

W Polsce praktyka rolnicza w niewielkim stopniu wykorzystuje jare formy pszenżyta. Pierwszą odmianę Jago zarejestrowano w 1987 roku (Arseniuk i wsp. 2003). Według danych ARiMR w kraju uprawa tej formy pszenżyta wyniosła w 2022 r. 61 tys. ha. Odmiany pszenżyta jarego są preferowane w Australii (Cooper i wsp. 2004), Brazylii (Nascimento i wsp. 2004) oraz w śródziemnomorskim klimacie Portugalii i Hiszpanii (Macas 2004).

Straty ilościowe i jakościowe w produkcji pszenżyta ozimego spowodowane wyleganiem były dużym ograniczeniem w uprawie tego gatunku. Dlatego też ważnym krokiem w postępie hodowlanym było wyhodowanie odmian półkarłowych. W 1997 zarejestrowano pierwszą w Polsce odmianę półkarłową Fidelio (Arseniuk i wsp. 2003). Rozwój odmian półkarłowych jest niewątpliwie niezawodnym sposobem rozwiązania problemu wylegania, które przeważnie spowodowane jest nieodpowiednio zastosowanym nawożeniem azotowym oraz gęstością siewu. Do innych czynników można zaliczyć: wiatr, opady, właściwości gleby czy też cechy odmianowe (Berry i wsp. 2000). Geny karłowate zmniejszają wysokość słomy, zwiększając plon dzięki większej liczbie ziaren z plonu kłosów bez ryzyka jego utraty w wyniku wylegania (Jatayev i wsp. 2020, Trini i wsp. 2021). Odmiany posiadające geny karłowatości z reguły charakteryzują się mniejszą masą tysiąca ziaren, gorszym przyswajaniem azotu, niższą odporność na suszę oraz mogą wydłużać okresy kwitnienia i kłoszenia (Dowla i wsp. 2020, Sukhikh i wsp. 2021).

Pszenżyto uprawiane jest w wielu krajach i niemal pod każdą szerokością geograficzną, a obszar uprawy od wielu lat ciągle rośnie (Cooper i wsp. 2004, Nascimento i wsp. 2004, Royo i wsp. 2004). Wśród najważniejszych czynników wpływających na wielkość

plonowania wymieniana jest jakość gleby. Pszenżyto ma potencjał uprawy w szerokim zakresie stanowisk, również na glebach marginalnych i podatnych na stres ze względu na rozbudowany system korzeniowy (Gibson i wsp. 2007, Cantale i wsp. 2016, Jablonowski i Schrey 2021). W badaniach serbskich pszenżyto wykazywało duże zdolności adaptacyjne do warunków środowiskowych i glebowych, co skutkowało uzyskiwaniem stabilnych plonów. Pszenżyto wykazało się również dużą tolerancją na kwasowość gleby, a także uzyskiwano dobre wyniki produkcyjne na glebach piaszczystych (Rajičić i wsp. 2020). Wymagania glebowe zbóż są zróżnicowane ze względu na niejednakowe systemy korzeniowe (Noworolnik i Terelak 2006). Panuje powszechna opinia, że wymagania glebowe pszenżyta są pośrednie między wymaganiami pszenicy i żyta. Pszenżyto jest gatunkiem reagującym na poziom intensywności technologii uprawy. Szczególne znaczenie ma nawożenie, zwłaszcza azotem oraz odpowiedni poziom ochrony przeciwgrzybowej roślin. Czynniki te mają kluczowe oddziaływanie na rośliny, a poza tym, przy odpowiednim zastosowaniu ograniczają negatywny wpływ na środowisko. 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 (Kindred i Sylvester-Bradley 2010, Dubis i wsp. 2015, Dubis i wsp. 2017).

Dmowski i wsp. (2001) najwyższe plony ziarna pszenżyta (7,0 $t \cdot ha^{-1}$) otrzymli na glebach kompleksu pszennego dobrego i żytniego dobrego. Także w badaniach Jaśkiewicz i Podolskiej (2011) wskazano, że gleby pszenne oraz żytnie bardzo dobre i dobre, o odczynie lekko kwaśnym do obojętnego stwarzają najlepsze warunki wzrostu i rozwoju pszenżyta ozimego. Powierdzają to również wyniki badań Noworolnika i Jaśkiewicz (2018), którzy najwyższe plony ziarna pszenżyta uzyskali na glebach kompleksu pszennego dobrego. Znacznie mniejsze plony (o 9,4%) zebrano na glebach kompleksu żytniego bardzo dobrego, a największa obniżka (o 17,0%) na glebach kompleksu żytniego dobrego. Roques i wsp. (2017) wskazują na dużą konkurencyjność pszenżyta wobec pszenicy pod względem wielkości plonu ziarna i słomy oraz zdolności do lepszego wykorzystania nawożenia azotem. Kuś i Smagacz (1992) twierdzą, że pszenżyto lepiej od pszenicy plonuje na glebach lekkich, co jest bardzo korzystną cechą ze względu na duży udział w kraju tego typu gleb (60% gruntów ornych). Noworolnik i Jaśkiewicz (2018) sugerują, że reakcja pszenżyta na jakość gleby może zależeć od właściwości poszczególnych odmian. Mniejsze wymagania glebowe danej odmiany wskazują na większą dominację genów żytnich w genotypie pszenżyta. Maćkowiak (2003)

twierdzi, że w celu rozszerzenia uprawy pszenżyta na gorszych jakościowo glebach nieodzowna jest znajomość odmian tolerancyjnych na słabsze warunki glebowe.

Jaśkiewicz i Podolska (2011) wskazują rośliny bobowate grubonasienne oraz wieloletnie drobnonasienne oraz rzepak i średnio wczesne ziemniaki na oborniku jako najlepsze przedplony dla pszenżyta ozimego. Według Rudnickiego (2005) pszenżyto najczęściej uprawiane jest po jęczmieniu, ziemniaku i pszenicy. Zając (2006) podkreśla, że spadek plonu ziarna pszenżyta może dochodzić do 20% po złych przedplonach. Natomiast Ścigalska i Łabuz (2008) uważają, że pszenżyto można uprawiać w zmianowaniach o dużym udziale zbóż, z założeniem umiejscowienia go w dobrych warunkach siedliska i zastosowania odpowiedniej agrotechniki. Natomiast według innych autorów pszenżyto ozime reaguje dość znacznym obniżeniem plonu ziarna na uprawę po sobie. W badania Adamiaka i wsp. (2000) testowane odmiany pszenżyta, uprawiane w 6-letniej monokulturze dostarczały niższy plon ziarna średnio o 15,5% (spadek z 6,39 do 5,40 $t \cdot ha^{-1}$). W badaniach Jaśkiewicz i wsp. (2018) pszenżyto ozime uprawiane w płodozmianie z niewielkim udziałem zbóż (50%) wydało najwyższy plon ziarna (średnio 8,60 $t \cdot ha^{-1}$). Natomiast istotnie mniejsze plony ziarna pszenżyta (o 2,34 $t \cdot ha^{-1}$) zebrano w płodozmianie z 75% udziałem roślin kłosowych. Nie bez znaczenia na plonowanie pszenżyta ma też system uprawy roli. W badaniach Jaśkiewicz i wsp. (2018) uprawa uproszczona pod pszenżyto ozime u odmian Alekto, Cerber, Fredro obniżyła o 15% plon ziarna. Podczas optymalnych warunków wilgotnościowych, wyższe plony ziarna pszenżyta ozimego (nawet o 15%) mogą być uzyskiwane przy zastosowaniu uprawy płużnej niż uproszczonej. Na wysokość plonowania ma również udział zbóż w płodozmianie. Wyższego plonowania należy spodziewać się w płodozmianach z mniejszym udziałem zbóż w porównaniu do uprawy pszenżyta ozimego w monokulturze (Gałązka i wsp. 2017, Jaśkiewicz i wsp. 2018).

Podstawą w uzyskaniu co najmniej zadowalających plonów, dodatkowo o dużej wartości biologicznej, jest zapewnienie roślinom jak najlepszych warunków do wzrostu i rozwoju oraz dostateczną dostępność niezbędnych makro- i mikroelementów (Barczak i wsp. 2006). Zdaniem Jaśkiewicz (2002), Alaru i wsp. (2009) oraz Ketterings i wsp. (2015) pszenżyto charakteryzuje się wysokimi zdolnościami pozyskiwania azotu i wydajnością jego wykorzystania. Należy jednak mieć na uwadze, że wysokie dawki azotu mineralnego mogą mieć niekorzystny wpływ na stan środowiska (Umesha i wsp. 2018).

Wielu autorów sądzi, że nawożenie mineralne, szczególnie azotem, najsilniej wpływa na wielkość plonu zbóż i jest określane jako podstawowy czynnik plonotwórczy (Galantini i wsp. 2000, Sekeroglu i Yilmaz 2001, Świderska-Ostapiak i Stankowski 2002, Nieróbca 2004,

Mut i wsp. 2005, Spychaj-Fabisiak i wsp. 2005, Knapowski i wsp. 2009, Lestingi i wsp. 2010, Janušauskaitė i Ciuberkis 2010, Zečević i wsp., 2010, Janušauskaite 2013, Dekić 2014, Pecio 2014, Bielski 2015c, Sułek 2017, Ravier i wsp. 2017). Z tego też względu pokrycie zapotrzebowania roślin zbożowych na ten składnik jest istotne do otrzymania najlepszej struktury plonu, co jest pochodną obfitego plonu ziarna o dobrej jakości. W tym celu należy z dużą dokładnością określić potrzeby nawożenia roślin. Nie mniej ważne dla właściwego nawożenia roślin azotem ma niewątpliwie podział zaprojektowanej wcześniej dawki azotu oraz aplikacja w odpowiednich terminach. W celu doprecyzowania dawki nawożenia azotem, szczególnie w okresie ruszenia wegetacji, pomocne jest określenie wczesną wiosną ilości azotu pochodzących z prób glebowych, pobranych do głębokości 60 cm (Pecio 2014). Pierwiastek ten zwiększa krzewistość produkcyjną (obsadę kłosów na jednostce powierzchni), a także masę ziarna z rośliny (Rudnicki 2000). Dawka azotu decyduje o zawartości białka w ziarnie (Ceglińska i wsp. 2005, Idkowiak i Kordas 2005, Samborski i wsp. 2008, Kara i Uysal 2009, Jaśkiewicz 2014a). Zdaniem Sułek i wsp. (2007) niedostatek azotu ogranicza wzrost i rozwój roślin, a także ogranicza ich możliwości plonotwórcze. Niekorzystny jest również nadmiar tego pierwiastka, który powoduje rozrost organów wegetatywnych, opóźnia dojrzewanie, zwiększa podatność na wyleganie i porażenie przez choroby liści i źdźbeł.

Wyniki wczesnych prac badawczych i hodowlanych nad pszenżytem ozimym kwalifikowały ten gatunek do grupy najbardziej odpornych na choroby zbóż atakujące liście i kłosy (Kramek 2014). Wielu autorów prac badawczych najczęściej umiejscawia pszenżyto pod względem odporność między pszenicą i żytem (Meidaner i wsp. 2001, Langevin i wsp. 2004, Meidaner i wsp. 2004). Jednak coraz więcej wyników badań świadczy o spadku odporności (w niektórych latach bardzo dużym) na wiele czynników chorobotwórczych (Wakuliński i wsp. 2005, Bielski 2015a). Do takiego stanu przyczynia się niewątpliwie wzrost areału uprawy pszenżyta, co może prowadzić do zwiększenie nasilenia chorób (Parylak i Wojtala 2008, Małecka i wsp. 2010). Parylak i Kita (2000), Adamiak i wsp. 2003, Wiśniewska i Kowalczyk (2005), Filoda (2009), Janušauskaitė i Ciuberkis (2010), Parylak i wsp. (2010) wskazują wręcz, że pszenżyto odznacza się dużą wrażliwością na choroby. Zdaniem Czajowskiego i wsp. (2013), umiejętne wykorzystanie genetycznej odporności pozwala na znaczne obniżenie nasilenia chorób. Do chorób najczęściej występujących na liściach i kłosach pszenżyta tego zboża zalicza się fuzariozę kłosów, powodowaną przez różne gatunki z rodzaju *Fusarium spp.*, mączniaka prawdziwego *(Blumeria graminis)*, rdzę brunatną *(Puccina recondita)*, septoriozę liści *(Septoria tritici)* i septoriozę plew *(Phaeosphaeria nodorum)* (Wakuliński i wsp. 2005, Czajowski i wsp. 2011). Występowanie

chorób wiąże się z dość istotnymi stratami plonu sięgającymi do 30%. Może to grozić nawet bezpieczeństwu żywnościowemu na świecie (Fones i wsp. 2020). Najlepszymi metodami ograniczającymi porażenie są zabiegi ochrony chemicznej fungicydem, prawidłowa agrotechnika oraz dobór odmian o zwiększonej odporności na porażenie (Bertelsen i wsp. 2001, Adamiak i wsp. 2008, Lemańczyk 2011). Choroby grzybowe zbóż są uważane za jeden z głównych czynników wpływających na wielkość i jakość plonu. Rośliny są atakowane przez wiele patogenów przez cały sezon wegetacyjny. Ograniczony płodozmian jest uważany za główną przyczynę chorób grzybowych (Smagacz i Martyniuk 2001, Bailey i Lazarovits 2003, Tratwal i Walczak 2012). Na występowanie chorób wpływa również uproszczona uprawa (Korbas i wsp. 2008), wysokie nawożenie azotem i uprawa pszenżyta w monokulturze (Horoszkiewicz-Janka i wsp. 2012). Niektórzy autorzy (Elen 2003, Paulitz 2006) wskazują, że systemy bezorkowe prowadzą do wzrostu bazy łodyg zbóż i chorób korzeni. Resztki pożniwne pozostawione na polu sprzyjają gromadzeniu wilgoci i wyższym temperaturom powstającym w warstwie ornej gleby, gdzie patogeny są najbardziej aktywne (Cook 2001). Stosowanie zabiegów herbicydowych oraz łączonych (herbicydowo-nawozowych) także sprzyja zwiększonemu porażeniu roślin przez patogeny (Brzozowski i wsp. 2000). Jednym z najważniejszych czynników wpływających na występowanie chorób grzybiczych jest przebieg warunków pogodowych w okresie wegetacyjnym (Szwejkowski i Kurowski 2009).

Dodatkowym czynnikiem sprzyjający rozprzestrzenianiu się patogenów zbóż jest międzynarodowy handel ziarnem, a także zmiany klimatu, co przyczynia się do zwiększenia zasięgu geograficznego patogenów (Udayanga i wsp. 2020, Yadav i wsp. 2020, Nazarov i wsp. 2020). Najczęściej stosowaną metodą w walce z patogenami zbóż jest chemiczna ochrona fungicydowa. Odnotowano jednak, że poszczególne gatunki rozwijają odporność na substancje czynne zawarte w środkach ochrony roślin (Fisher i wsp. 2018). Dodatkowo, stosowanie środków chemicznych w ochronie roślin wiąże się z zanieczyszczeniem środowiska poprzez pozostawianie pozostałości substancji czynnych w glebie i ziarnie (Spence i wsp. 2020). Łany pszenżyta corocznie opanowywane są przez choroby. Skutkuje to nie tylko dużymi stratami plonu, ale wpływa też na pogorszenie jego jakości. Należy więc nieprzerwanie prowadzić badania nad ograniczeniem występowania najgroźniejszych patogenów (Kaniuczak 2010). Z kolei zgodnie ze strategią Komisji Europejskiej „od pola do stołu" zalecane są ograniczenie stosowania środków ochrony roślin w rolnictwie.

Nie ulega wątpliwości, że ziarno pszenżyta najczęściej wykorzystane jest do celów paszowych w żywieniu bydła, trzody chlewnej (Beltranena i wsp. 2008, Coffey i Gerrits

2009), owiec oraz drobiu (Hermes i Johnson 2004, Korver i wsp. 2004, Widodo i wsp. 2015, Różewicz 2019), a nawet ryb (Mahmoud i wsp. 2020). Bez wątpienia ten główny kierunek użytkowania sprzyja rozpowszechnieniu uprawy pszenżyta (Çiftci i wsp. 2003, Salmon i wsp. 2004, Jondreville 2007 i wsp., Vacha i wsp. 2007, Zarghi 2009). Plon ziarna z powierzchni 1 ha może dostarczyć większej ilości białka paszowego, o większej wartości biologicznej niż ziarno pszenicy (Arendt i Zannini 2013). Pod tym względem większym potencjałem charakteryzują się odmiany ozime pszenżyta. Pszenżyto ma wysoką wartość odżywczą nie tylko z uwagi na wysoką zawartość białka w ziarnie, ale również lepszy skład aminokwasowy niż białko pszenicy (Alijošius i wsp. 2016). Białko pszenżyta charakteryzuje się bardzo korzystnym składem aminokwasowym. Lepszy ma tylko ziarno owsa. W dodatku zawiera najwięcej lizyny wśród podstawowych gatunków zbóż. Także zawartość innych aminokwasów egzogennych w białku pszenżyta jest większa niż w białku pszenicy (Djekić i wsp. 2009). Pasza z ziarna pszenżyta pod względem zawartości związków mineralnych i witamin zaspokaja znaczną część potrzeb zwierząt hodowlanych (Lebiedzińska i Szefer 2006, Kowieska i wsp. 2011). Charakteryzuje się wyższą zawartością energii i białka niż jęczmień (Oba i wsp. 2010, Salama i Badry 2020). Pszenżyto wydając wysoki plon biomasy i mając bardzo dobrą strawność, zwiększa wydajność i rentowność produkcji zwierzęcej (Mitchell i wsp. 2005). Pozytywną cechą pszenżyta jest niższa zwartość substancji antyżywieniowych niż w ziarnie żyta (około 3-4 razy mniej) i zazwyczaj ich ilość kształtuje się na poziomie zawartości u pszenicy (Jaśkiewicz 2018). Ze względu na powszechność wykorzystania ziarna pszenżyta do celów paszowych, dalsze prace hodowlane powinny dążyć w kierunku podniesienia wartości paszowej ziarna. Również należy propagować agrotechnikę pszenżyta (szczególnie w obrębie wyboru odmiany oraz nawożenia mineralnego) podnoszącą wartość paszową ziarna (Różewicz 2019).

Biomasa nadziemna pszenżyta jest również wykorzystywana jako pasza objętościowa dla przeżuwaczy. W takim przypadku pszenżyto uprawiane jest w czystej uprawie, ale można je również wysiewać w różnych mieszankach z roślinami strączkowymi ozimymi i jarymi (Schwarte i wsp. 2005). Podczas sezonów wegetacyjnych ubogich w opady może również zapewnić wysokiej jakości surowiec na kiszonkę (Delogu wsp. 2002).

Pieczywo, jako produkt spożywany powszechnie i w znacznych ilościach jest źródłem wielu niezbędnych dla organizmu ludzkiego składników odżywczych. Wysokie wymagania jakościowe, jakie stawiane są pieczywu przez konsumentów, mogą być spełnione tylko wówczas, jeżeli do jego produkcji użyte będą surowce o odpowiedniej jakości i wartości technologicznej. Wykorzystanie ziarna pszenżyta do celów spożywczych nie stało się jednak

jeszcze powszechne. Pszenżyto może i powinno być wykorzystane do celów konsumpcyjnych, wskazuje na to jego skład chemiczny jak i szerokie, praktycznie nieograniczone, możliwości wykorzystania nie tylko w piekarstwie i branżach pokrewnych ale w wielu innych gałęziach przemysłu spożywczego (McGoverin i wsp. 2011, Kandrokov i wsp. 2019).

Cechy wypiekowe są bardzo ważne z punktu widzenia technologii piekarstwa. Dotychczas rejonizowane odmiany pszenżyta różniły się w odniesieniu do żyta i pszenicy. Szczególnie widoczne to było pod względem zawartości wymywalnego glutenu, czasu rozwoju i stałości ciasta jego elastyczności i rozmiękczenia. Biorąc pod uwagę powyższe cechy, ciasta pszenżytnie wykazywały wartości pośrednie między ciastami pszennymi i żytnimi. Ponadto mąki pszenżytnie charakteryzowały się zwykle wyższą aktywność amylolityczną i wyższą podatność skrobi na ich działanie, z czym nie zawsze szły w parze niskie liczby opadania (Ceglińska i wsp. 2005).

Wcześniejsze badania wielu autorów jenoznaczni wykazały, że ziarno pszenżyta nadaje się do wykorzystane w przerobie na mąkę i chleb przy zastosowaniu odpowiedniej techniki wypieku (Haber i wsp. 1989, Haber i Lewczuk 1990, Sitkowski i wsp. 1990, Gil 1996, Gil 2001, Ceglińska i wsp. 2006, Iwański i wsp. 2009, Pattison i Trethowan 2013, Vyhnánek i wsp. 2013). Fraś i wsp. (2016) wskazują, że można wyselekcjonować odmiany pszenżyta ozimego, o korzystnym składzie chemicznym ziarna, z punktu widzenia żywieniowego i technologicznego są dobrym surowcem do produkcji mąki i pieczywa. Obecnie pszenżyto nie ma ustalonych standardów technologicznych, jak ma to miejsce w przypadku pszenicy.

Ziarno pszenżyta wykorzystywane jest nie tylko do celów wypiekowych. Dostępna jest zróżnicowana oferta produktów spożywczych z udziałem pszenżyta, w tym: biszkoptów, herbatników, ciast piaskowych, napojów bezalkoholowych, makaronu, słodu, jogurtów, spirytusu, piwa rzemieślniczego, a także biodegradowalnych i jadalnych wrapów (Warechowska, Domska 2006, Arendt i Zannini 2014, Guzmán-Ortíz i wsp. 2018, Zhu 2018, Ambriz-Vidal i wsp. 2019). Mąkę pszenżyta można wykorzystać do produkcji płatków śniadaniowych, paluszków chlebowych oraz pieczywa dietetycznego, w tym pieczywa wieloziarnistego i pieczywa chrupkiego (Onwulata i wsp. 2000).

Wysoka aktywność α-amylazy mącznej i słabe właściwości reologiczne ciasta utrudniają zastosowanie mąki pszenżytnej w przemyśle piekarniczym (Tsvetkov i Stoeva 2003, Kalnina i wsp. 2015, Bielski i wsp. 2015a, Panasiewicz i wsp. 2018). Mąka pszenżytnia ma niską zawartość glutenu, a wypiekany wyłącznie z niej chleb jest ciężki (Furman 2004,

Bielski i wsp. 2015a). Jednak chleb zrobiony z mieszanki mąki pszenżytnej i mąki pszennej lub żytniej jest bardziej akceptowalny i może być używany do wyrobu chlebów i ciastek. Produkcja chleba wymaga dodatku mąki pszennej lub żytniej. Jakość chleba wypiekanego z mieszanki mąki pszennej i pszenżyta (do 50-70%) jest niemal zbliżona, a niekiedy nawet lepsze od produktu pszennego (Doxastakis i wsp. 2002, Naeem i wsp. 2002, Furman 2004, Tohver i wsp. 2005). Aprodu i wsp. (2019) zaproponowali metodę mieszania ziaren różnych zbóż, w tym pszenżyta, a następnie ich mielenia w młynie walcowym w celu uzyskania wieloskładnikowej mieszanki mącznej. Mieszankę wieloskładnikową można wykorzystać do przygotowania określonych wyrobów piekarniczych.

Pszenżyto ma niezbędne cechy, aby stać się ważnym zbożem spożywczym dla ludzi, jednak jest zbyt mało wykorzystywane w sektorze spożywczym (Naeem i wp. 2002, Mergoum i wsp. 2019). Wielu autorów uważa, że przyszły potencjał światowej produkcji ziarna pszenżyta będzie w dużej mierze zależał od jego przydatności w przemyśle piekarniczym (Rakha i wsp. 2011, Nakurte i wsp. 2012, Pattison i Trethowan 2013, Bielski i wsp. 2015a, Fraś i wsp. 2016).

Pszenżyto znajduje również zastosowanie w produkcji energii odnawialnej i jest uważane za szczególnie obiecujące źródło biomasy w regionach Europy o klimacie umiarkowanym (Sanaei i Stuart 2018). Wielu autorów podkreśla przydatność ziarna pszenżyta do produkcji bioetanolu (Hede 2001, Glatthar i wsp. 2005,Eudes 2006, Obuchowski i wsp. 2010, McGoverin i wsp. 2011, Bielski i wsp. 2015b, Meale i McAllister 2015, Jablonowski i Schrey 2021, Cantale i wsp. 2016, Bielski i wsp. 2019). Ziarno pszenżyta jako surowiec do produkcji bioetanolu wykazywał najlepszy wskaźnik efektywności energetycznej w konwencjonalnych warunkach gospodarowania, przy tradycyjnej uprawie i dawce nawożenia azotem w dawce 40–80 $kg \cdot ha^{-1}$ (Klikocka i wsp. 2019). Natomiast w badaniach Bielskiego i wsp. (2015b) oraz Bielskiego i wsp. (2019) najkorzystniejszy wskaźnik EROEI (ang. Energy Return on Energy Invested, zwrot energii wobec energii zainwestowanej) był uzyskiwany w technologii najniższego plonu, przy nawożeniu azotem dawką 30 $kg \cdot ha^{-1}$. Badania przeprowadzone w Wielkiej Brytanii (Davis-Knight i Weightman 2008, Weightman i Davis-Knight 2008, Kindred i wsp. 2010) wykazały lepszą przydatność pszenżyta do produkcji bioetanolu w stosunku do pszenicy, szczególnie w odniesieniu do mniejszej emisji gazów cieplarnianych (GHG). Na podstawie analiz i wyników badań pszenżyto uprawiane są w porównywalnych warunkach wydaje się być najodpowiedniejszym wyborem spośród zbóż do produkcji bioetanolu dostarczając więcej alkoholu niż żyto (Rosenberger i wsp. 2002). Wysoka aktywność amylolityczna i wynikająca z tego niska

liczba opadania preferuje pszenżyto jako jeden z lepszych surowców do produkcji bioetanolu (Kučerová 2007). Plon uboczny podczas produkcji ziarna, jakim jest słoma, także znalazł swoje miejsce w produkcji bioetanolu II generacji z celulozy (Chen i wsp. 2007, Agudelo i wsp. 2016, Kossatz i wsp. 2017). Nadwyżki słomy mogą być używane jako biopaliwo stałe i wykorzystywane do współspalania z paliwami kopalnymi (Lewandowski i Kauter 2003, Jorgensen i wsp. 2007, Dassanayake i Kumar 2012). Natomiast kiszonka z pszenżyta jest obiecującym surowcem do produkcji biogazu (Amon i wsp. 2007, Gowda i wsp. 2011, Teghammar i wsp. 2012). Jablonowski i Schrey (2021) stwierdzają, że w rozwijającej się biogospodarce, uprawy takie jak pszenżyto, mogą odgrywać ważną rolę w dostarczaniu surowców do specjalnych zastosowań, między innymi jako czyste źródło energii, szczególnie w przypadku rekultywacji gleb marginalnych.

Jedną z metod zrównoważonego rolnictwa jest stosowanie biostymulatorów połączone z ochroną chemiczną. To rozwiązanie jest rzadko spotykane w praktyce, ale może być efektywne w rolnictwie. Biostymulatory to zmienne naturalne substancje i mikroorganizmy, które łagodzą negatywne skutki stresu abiotycznego, uczestniczą w procesach fizjologicznych i biochemicznych roślin oraz stymulują ich rozwój i odporność na niekorzystne warunki wzrostu (Wołejko i wsp. 2017). Biostymulatory na bazie aminokwasów, ortonitrofenolu sodu, paranitrofenolu sodu 5-nitrogwajakolanu sodu oraz ekstraktów roślinnych w połączeniu z MCPA, dikamba, florasulamem i 2,4-D mogą poprawić plon pszenicy i jakość ziarna (Elansary i wsp. 2018, Matysiak i wsp. 2018, Popko i wsp. 2018, Łozowicka i wsp. 2019, Faligowska i wsp. 2020). Ponadto biostymulatory na bazie kwasów glutaminowych i organicznych, rozpuszczalnych węglowodanów i mikroelementów przyczyniają się do zwiększenia plonu ale nie zbadano jeszcze ich wpływu na choroby grzybowe i mikotoksyny (Maignan i wsp. 2021). Biostymulatory z alg brunatnych mogą obniżać poziom występowania mykotoksyn i *Fusarium* spp. Pozostaje natomiast kwestia zbadania ich wpływ na plonowanie i choroby liści zbóż (Gunupuru i wsp. 2019). Kwasy huminowe i fulwowe wchodzące w skład biostymulatorów humusowych wpływają pozytywnie na rozwój korzeni bocznych, stymulację wzrostu części nadziemnych czy łagodzenie skutków niedoborów wody i zasolenia gleby (Łozowicka i wsp. 2019). Niedostatecznie zbadano także ich wpływ na nasilenie chorób grzybiczych i obniżenie poziomu mikotoksyn. Ponadto niewiele jest badań dotyczących wpływu biostymulatorów w połączeniu z pestycydami na zdrowotność i zachwaszczenie roślin rolniczych (Popko i wsp. 2018) z praktycznym aspektem efektywności ekonomicznej.

Według Van Oostena i wsp. (2017) stosowanie substancji stymulujących, poprawiających kondycję roślin i zapewniających ochronę przed stresami biotycznymi i abiotycznymi staje się coraz powszechniejszą praktyka w rolnictwie. Zdaniem Paradikovic i wsp. (2011) wykorzystanie naturalnych lub syntetycznych preparatów biostymulujących poprawia biochemiczne, morfologiczne i fizjologiczne procesy zachodzące w roślinach. Naturalny promotory wzrostu obejmują preparaty zawierające wolne aminokwasy kwasy, ekstrakty z alg morskich i owoców, mikroorganizmy, a także związki humusowe i chitozan (Calvo 2014). Kolomaznik i wsp. (2012) podkreślają, że skuteczność bioregulatorów jest zdeterminowana wieloma czynnikami, m.in. odpowiednim doborem biopreparatów, ich dawką, stężeniem i, metodą aplikacji, a także gatunkiem i odmianą roślin oraz czynnikami środowiska. Biostymulatory stosowane się najczęściej, gdy rośliny są jeszcze zdrowe, aby skorygowały metabolizm w kierunku wzmocnienia roślin i wzrostu odporności na ataki patogenów (Singhal i wsp. 2016, Wang i wsp. 2016, Sade i wsp. 2018).

3. METODYKA BADAŃ

3.1. Opis doświadczeń

Podstawą pracy doktorskiej są wyniki uzyskane ze ścisłego doświadczenia polowego zrealizowanego w Zakładzie Produkcyjno-Doświadczalnym „Bałcyny" Spółka z o.o. w Bałcynach. Przedmiotem badań było pszenżyto ozime (×*Triticosecale* Wittmack). Doświadczenie zakładane było corocznie metodą losowanych bloków w 3 powtórzeniach. Trzyczynnikowy eksperyment zrealizowano w sezonach wegetacyjnych 2016-2017, 2017-2018, 2018-2019. W doświadczeniu czynnikiem I rzędu były odmiany różniące się długością źdźbła:

A. Odmiana

1 – Twingo – forma krótkosłoma

2 – Panteon – forma tradycyjna

Czynnikiem II rzędu było nawożenie azotem:

B. Dawka azotu (kg·ha^{-1})

1 – 0 (obiekty bez nawożenia azotem)

2 – wg zawartości Nmin przed ruszeniem wegetacji uzupełniano nawozem mineralnym do wartości wymagań pokarmowych pszenżyta

3 – 150% dawki azotu w poziomie 2

4 – 150% dawki azotu w poziomie 2 + retardant

5 – 150% dawki azotu w poziomie 2 + retardant + biostymulator

W celu ustalenia dawki azotu w każdym roku badań wiosną, przed zastosowaniem nawożenia azotem, zostały pobrane próbki gleby (0-90 cm) do oznaczeń zawartości azotu mineralnego (Nmin). Na podstawie uzyskanych wyników oszacowano wiosenne zasoby azotu mineralnego w glebie. Pozwalało to na skorygowanie nawożenia azotem wiosną i precyzyjne określenie dawki. W warunkach klimatyczno-glebowych prowadzonego doświadczenia, przyjęto, że średni plon ziarna pszenżyta ozimego w warunkach klimatyczno-glebowych prowadzenia doświadczenia wynosi 8,0 t·ha^{-1}, a wymagania pokarmowe w odniesieniu do azotu wynoszą 176 kg·ha^{-1}. Przecięte wartości plonu pszenżyta ozimego są realne i możliwe do osiągnięcia w jednostce badawczej w Bałcynach (Łabętowicz 2002). Ustalając nawożenie azotem, odjęto od wymagań pokarmowych pszenżyta ozimego ilość azotu mineralnego znajdującego się w glebie. W każdym roku badań azot stosowano przedsiewnie w dawce 30 kg·ha^{-1} w formie saletry amonowej. Wczesną, wiosenną dawkę azotu stosowano również w formie saletry amonowej (34%) w ilości 40 kg·ha^{-1} (poletka z nawożeniem wg Nmin) i 70

kg·ha^{-1} (poletka z nawożeniem wg ½ Nmin). Pozostałą dawkę azotu aplikowano w fazie strzelania w źdźbło (BBCH 33) w formie saletry amonowej po uzyskaniu wyników na zawartość Nmin w glebie.

Regulator wzrostu aplikowano w preparacie zawierającym *chlorek mepikwatu* w ilości 300 g·ha^{-1} oraz *proheksadionu wapnia* w ilości 50 g·ha^{-1}. Biostymulator Agro Sorb Folium stosowano w fazie BBCH 31 w dawce 1 dm^3·ha^{-1}.

Czynnikiem III rzędu był poziom ochrony przed chorobami grzybowymi

C. Ochrona przed chorobami

1 – zaprawa nasienna

2 – zapr. nasienna + 1 zabieg nalistny

3 – zapr. nasienna + 2 zabiegi nalistne

Przed siewem ziarno zostało zaprawione zaprawą nasienną zawierającą 6,75 g *protiokonazou*, 6,75 g *fluoksastrobiny* i 1 g *tebukonazolu*. Pierwszy nalistny, fungicydowy zabieg stosowano w fazie w fazie BBCH 31 preparatem zawierającym substancję aktywną w postaci *epoksykonazolu* w ilości 75 g·ha^{-1} oraz *metkonazolu* 55 g·ha^{-1}. Drugi nalistny zabieg fungicydowy stosowano w fazie BBCH 39 preparatem zawierającym substancję aktywną w postaci *fluksapyroksadu* w ilości 83,2 g·ha^{-1}, *epoksykonazolu* w ilości również 83,2 g·ha^{-1} oraz *piraklostrobiny* w ilości 133,2 g·ha^{-1}.

Uprawę pszenżyta ozimego lokalizowano na glebie płowej typowej, kompleksu pszennego dobrego, klasy bonitacyjnej IIIa (tab. 1). Analizy dotyczące właściwości chemicznych gleby zostały wykonane w Stacji Chemiczno-Rolniczej w Olsztynie. Właściwości chemiczne gleby pola doświadczalnego w poszczególnych latach badań zestawiono w tabeli 1. W doświadczeniu zastosowano tradycyjną uprawę roli bez uproszczeń. Wielkość poletka do zbioru wynosiła 15 m^2. Corocznie przedplonem pszenżyta był rzepak ozimy. Nawożenie fosforowo-potasowe we wszystkich latach badań stosowano w całości przedsiewnie (P_2O_5 – 80 kg·ha^{-1} w formie 46% superfosfatu, K_2O – 130 kg·ha^{-1} w formie 60% soli potasowej). Wiosną został zastosowany siarczan magnezu w dawce 150 kg·ha^{-1}. Siew pszenżyta wykonywano na głębokość ok. 3 cm i rozstawie rzędów 10 cm, w gęstości odmiana Twingo 300 kiełkujących ziaren oraz odmiana Panteon 350 kiełkujących ziaren na 1 m^2. Regulacja zachwaszczenia polegała na stosowaniu preparatu zawierającego *jodosulfuron metylosodowy* w ilości 10 g·ha^{-1} oraz 2,4-D – związek z grupy *fenoksykwasów* w ilości 377 g·ha^{-1}.

Tabela 1. Charakterystyka warunków siedliskowych doświadczenia

Wyszczególnienie	Sezon wegetacyjny		
	2016/2017	2017/2018	2018/2019
Typ gleby	płowa typowa		
Gatunek gleby	glina średnia		
Odczyn gleby (1 M KCL)	6,6	6,0	6,3
Klasa bonitacyjna	R - IIIa		
Kompleks przydatności rolniczej	pszenny dobry		
Zawartość przyswajalnych składników (mg·kg^{-1} gleby)			
- $N\text{-}NH_4^+$	4,66	4,03	4,84
- $N\text{-}NO_3^-$	1,30	1,35	1,42
- P	191	181	209
- K	137	154	142
- Mg (mg·kg^{-1} gleby)	66,0	72,0	69,0
- B	1,20	1,23	1,18
- Mn	208,0	198,3	203,4
- Cu	2,0	2,2	1,98
- Zn	7,6	7,7	7,1
- Fe	1625	2572	2755

Zestawienie zabiegów agrotechnicznych wraz z terminami ich wykonania przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Termin wykonania ważniejszych zabiegów agrotechnicznych (2016–2019)

Rodzaj operacji, zabiegów	Data wykonania (2016– 2017)	Data wykonania (2017– 2018)	Data wykonania (2018– 2019)
Orka przedsiewna, brona	09.09.2016	15.09.2017	04.09.2018
przedsiewne nawożenie: N – 30 kg·ha^{-1} (saletra amonowa 34%) P_2O_5 – 80 kg·ha^{-1} (superfosfat 40%); K_2O – 90 kg·ha^{-1} (sól potasowa 60%); agregat uprawowy	24.09.2016	15.09.2017	18.09.2018
Siew pszenżyta ozimego: Twingo, Panteon	26.09.2016	25.09.2017	22.09.2018
Nawożenie N – pierwsza dawka wiosenna - 40 kg N·ha^{-1} lub 70 kg N·ha^{-1} (nawożenie wg 150% Nmin)	14.03.2017	25.03.2018	18.03.2019
Regulacja zachwaszczenia: Huzar Activ 387 OD – *jodosulfuron + metylosodowy*, 2,4-D – dawka 1 l·ha^{-1}	04.04.2017	16.04.2018	18.04.2019
Aplikacja fungicydów: I zabieg - Capalo 337,5 SE – *fenpropimorf* (związek z grupy *morfolin*) + *epoksykonazol* związek z grupy *triazoli* – dawka 1,5 l·ha^{-1}	13.05.2017	09.05.2018	30.04.2019
Aplikacja antywylegacza: Medax Max (*proheksadion wapnia* 25 g·ha^{-1}+ *trineksapak etylu* 37 g·ha^{-1})	13.05.2017	10.05.2018	08.05.2019
Aplikacja Agro-sorb Folium 1 l·ha^{-1}	22.05.2017	24.05.2018	26.05.2019
Nawożenie N – druga dawka wiosenna - 30 kg N·ha^{-1} lub 50 kg N·ha^{-1} (nawożenie wg 150% Nmin)	25.05. 2017	25 05.2018	21.05.2019
Aplikacja fungicydów: II zabieg - Adexar Plus – *fluksapyroksad + epoksykonazol + piraklostrobina* – dawka 2,0 l·ha^{-1}	02.06.2017	27.05.2018	24.05.2019
Zbiór ziarna	02.08.2017	23.07.2018	10.08.2019

Przebieg wegetacji pszenżyta ozimego w latach badań przedstawia tabela 3.

Tabela 3. Przebieg wegetacji pszenżyta ozimego w latach badań

Fazy rozwojowe	Data obserwacji, czas trwania fazy		
	2016/2017	2017/2018	2018/2019
Siew – początek wschodów	26.09 – 08.10	27.09 – 04.10	22.09 – 05.10
Początek wschodów – pełnia wschodów	08.10 – 14.10	04.10 – 08.10	05.10 – 10.10
Pełnia wschodów – początek krzewienia	14.10 – 28.10	08.10 – 25.10	10.10 – 21.10
Początek krzewienia – pełnia krzewienia	28.10 – 05.11	25.10 – 30.10	21.10 – 26.10
Pełnia krzewienia– zahamowanie wegetacji	05.11 – 14.11	30.10 – 30.11	26.10 – 20.11
Ruszenie wegetacji – początek strzelania w źdźbło	25.03 – 27.04	03.04 – 26.04	23.03 – 17.04
Początek strzelania w źdźbło – pełnia strzelania w źdźbło	27.04 – 02.05	26.04 – 30.04	17.04 – 22.04
Pełnia strzelania w źdźbło – początek kłoszenia	02.05 – 26.05	30.04 – 18.05	22.04 – 02.05
Początek kłoszenia – pełnia kłoszenia	26.05 – 29.05	18.05 – 22.05	02.05 – 28.05
Pełnia kłoszenia – początek kwitnienia	29.05 – 05.06	22.05 – 26.05	28.05 – 08.06
Początek kwitnienia – pełnia kwitnienia	05.06 – 09.06	26.05 – 30.05	08.06 – 13.06
Pełnia kwitnienia – koniec kwitnienia	09.06 – 14.06	30.05 – 06.06	13.06 – 17.06
Koniec kwitnienia – dojrzałość mleczna	14.06 – 01.07	06.06 – 25.06	17.06 – 06.07
Dojrzałość mleczna – dojrzałość mleczno – woskowa	01.07 – 09.07	26.06 – 30.06	06.07 – 12.07
Dojrzałość mleczno – woskowa – dojrzałość woskowa	09.07 – 18.07	30.06 – 09.07	12.07 – 19.07
Dojrzałość woskowa – dojrzałość pełna	18.07 – 30.07	09.07 – 17.07	19.07 – 25.07
Dojrzałość pełna – zbiór	30.07 – 02.08	17.07 – 23.07	25.07 – 27.07

3.2. Zakres badań polowych i laboratoryjnych

W 3-letnim cyklu badawczym wykonany został następujący zakres prac polowych i laboratoryjnych:

1. Analiza właściwości chemicznych gleby w każdym roku badań jesienią na zawartość przyswajalnych form P (metodą spektrofotometryczną), K (metodą fotometrii płomieniowej), Mg (metodą płomieniowej absorpcyjnej spektrometrii atomowej (FAAS), Mn, Cu, Zn, Fe (metodą płomieniowej absorpcyjnej spektrometrii atomowej – FAAS) oraz pH (potencjometrycznie w roztworze KCl 1 $mol \cdot dm^{-3}$).
2. Oznaczenie zawartość azotu mineralnego (NH_4+, NO_3-) (metodą ciągłej analizy przepływowej (CFA) z detekcją spektrofotometryczną).
3. W okresie wegetacji przeprowadzono następujące obserwacje faz rozwojowych roślin: wschody (początek, pełnia), krzewienie (początek), strzelanie w źdźbło (początek), kłoszenie (początek, pełnia), dojrzałość (mleczna, woskowa, pełna).
4. Obserwacje porażenia pszenżyta ozimego przez choroby rozwijające się na liściach i kłosach. Nasilenie chorób szacowano wg standardów EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization) na 25 losowo wybranych roślinach z

każdego powtórzenia określano % porażenia powierzchni blaszki liściowej. Obserwacji chorób aparatu asymilacyjnego dokonywano w fazie dojrzałości mlecznej.

5. Pomiary strukturalne i biometryczne pszenżyta ozimego podczas jego zbioru obejmowały:

- obsadę roślin w pełni wschodów i zagęszczenie źdźbeł z kłosami pod koniec wegetacji, pomiary przeprowadzono losowo na wybranej powierzchni 0,5 m^2 w dwóch powtórzeniach na każdym poletku,
- wysokość roślin, liczebność ziaren w kłosie, masę ziarna z 1 kłosa jako średnią z 25 losowo pobranych z każdego poletka źdźbłach.
- ustalono wydajność jednostkową ziarna pszenżyta ozimego z każdego poletka (przy 15% jego wilgotności).

6. Ziarno pszenżyta ozimego poddano analizom chemicznym, które wykonano w każdym roku badań na próbach zbiorczych pobranych z trzech powtórzeń. Oznaczono zawartość białka ogółem (metoda Kjeldahla, które obliczono na podstawie zawartości azotu ogółem i przelicznika 6,25), tłuszczu surowego (metodą Soxhleta), włókna surowego (metodą Henneberga-Stohmana), popiołu surowego (poprzez spalanie w temperaturze 600° C).
7. Analizy chemiczne obejmowały oznaczenie zawartości w ziarnie pszenżyta ozimego: P (metodą spektrofotometryczną), K (metodą fotometrii płomieniowej), Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn (metodą płomieniowej absorpcyjnej spektrometrii atomowej – FAAS) .

3.3. Energetyczna ocena produkcji pszenżyta ozimego

Analizę efektywności energetycznej wykonano na podstawie dwuletnich badań z pszenżytem ozimym na polach produkcyjnych doktoranta w miejscowości Brzozie Lubawskie. W doświadczeniu wykorzystano te same odmiany, które badano w Zakładzie Produkcyjno-Doświadczalnym w Bałcynach k. Ostródy, tzn. Twingo i Panteon. Eksperyment przeprowadzono w sezonach wegetacyjnych 2017–2018 i 2018-2019.

Uprawę roli stosowano zgodnie z ogólnie przyjętymi zaleceniami agrotechnicznymi. Przedplonem pszenżyta ozimego w dwuletnim okresie badawczym był ziemniak. Efektywność energetyczna produkcji ziarna pszenżyta ozimego została oceniona dla integrowanej i intensywnej technologii produkcji. W obliczeniach uwzględniono średnie z dwóch lat plony ziarna pszenżyta ozimego.

Wyodrębniono dwie technologie produkcji pszenżyta ozimego różniące się wielkością plonu ziarna i nakładów poniesionych na jego uzyskanie. Powierzchnia poletka do zbioru

wynosiła 0,5 ha. Szczegółowy opis poszczególnych technologii produkcji pszenżyta został przedstawiony w tabeli 4.

Tabela 4. Szczegółowe dane porównywanych technologii produkcji pszenżyta ozimego

Wyszczególnienie	Intensywność produkcji	
	integrowana	intensywna
uprawa gleby	przed siewem: podorywka, bronowanie, orka, agregat uprawowy	
siew (kg ha^{-1})	175 Twingo, 187 Panteon	
nawożenie mineralne (kg ha^{-1})	jesień: 30 NH_4NO_3, 80 P_2O_5 (superfosfat), 130 K_2O (sól potasowa)	
		siarczan magnezu 150
	40 + 30 NH_4NO_3	70 + 50 NH_4NO_3
regulacja zachwaszczenia	*jodosulfuron metylosodowy* – 10 g·ha^{-1} *fenoksykwas* 377 g·ha^{-1}	
ochrona przeciwgrzybowa	zaprawa nasienna	zaprawa nasienna + I zabieg Capalo 337,5 SE (*fenpropimorf* 300 g·ha^{-1} + *epoksykonazol* 94 g·ha^{-1} + *metrafenon* 112 g·ha^{-1}), II zabieg Adexar Plus (*fluksapyroksad* 83 g·ha^{-1} + *epoksykonazol* 83 g·ha^{-1} + *piraklostrobina* 133 g·ha^{-1})
regulator wzrostu	-	*proheksadion wapnia* 25 g·ha^{-1} + *trineksapak etylu* 37 g·ha^{-1}
biostymulator	-	AgroSorb Folium 1 l·ha^{-1}

W celu określenia efektywności energetycznej produkcji pszenżyta ozimego zostały wykonane obliczenia bilansu energetycznego. Przeanalizowano nakłady energetyczne poniesione podczas produkcji pszenżyta ozimego, w tym następujące źródła energii: praca ludzka, nakłady na eksploatację środków trwałych (ciągniki, maszyny, urządzenia), nośniki energii (olej napędowy), zużycie materiałów (ziarno siewne, nawozy mineralne, pestycydy i inne środki chemiczne). Przyjęto model obliczeń za Singh i wsp. (2002), Olabi (2016).

E suma = Ei praca ludzka + Ei środki techniczne + Ei nośniki energii + Ei materiały

gdzie:

Ei suma – suma nakładów energetycznych poniesiona w procesie produkcji pszenżyta (GJ ha^{-1}),
Ei praca ludzka – nakłady siły roboczej poniesione w procesie produkcji (GJ ha^{-1}),
Ei środki trwałe – nakłady energetyczne środków trwałych poniesione w procesie produkcji (GJ ha^{-1}),
Ei nośniki energii – nakłady energetyczne w postaci oleju napędowego poniesione w procesie produkcji (GJ ha^{-1}),
Ei materiały – nakłady energetyczne materiałowe poniesione w procesie produkcji (GJ ha^{-1}).

W pracy ekwiwalenty nakładów energii, specyficzne dla warunków Polski przyjęto za Wójcickim (2007) (tab. 5). Ze względu na dużą zmienność warunków w obliczeniach nie uwzględniono nakładów energetycznych potrzebnych do transportu ziarna z miejsca produkcji pszenżyta ozimego do miejsca przechowywania oraz pracy ludzkiej i nakładów

energii nieodnawialnej (paliwo) potrzebnej na przejazd maszyn i urządzeń na pole (Maraseni i wsp. 2015). W bilansie energetycznym nie uwzględniono także energii produktu ubocznego w postaci słomy, która została pozostawiona do przyorania.

Tabela 5. Współczynniki energetyczne dla wybranych nakładów produkcji

Wyszczególnienie elementy energii wejścia:	Jednostka	Ekwiwalent energetyczny
praca ludzka	$MJ \cdot h^{-1}$	80
środki techniczne	$MJ \cdot kg^{-1}$	110
olej napędowy	$MJ \cdot kg^{-1}$	48
nawożenie mineralne		
N	$MJ \cdot kg^{-1}$	77
P_2O_5	$MJ \cdot kg^{-1}$	15
K_2O	$MJ \cdot kg^{-1}$	10
Mg	$MJ \cdot kg^{-1}$	6,7
S	$MJ \cdot kg^{-1}$	14
pestycydy	$MJ \cdot kg^{-1}$ a.i.	300
elementy energii wyjścia:		
ziarno pszenżyta	$MJ \cdot kg^{-1}$	18,3

Na podstawie ekwiwalentów energii wejścia i wyjścia (tab. 5) obliczono podstawowe wskaźniki energetyczne wykorzystując obliczenia za: (Erdal i wsp. 2007, Mohammadi i wsp. 2010, Pishgar-Komleh i wsp. 2013, Naderi i wsp. 2019).

$$\text{Zysk energii} = \text{wartość energetyczna plonu (MJ ha}^{-1}) - \text{nakłady energetyczne (MJ ha}^{-1})$$

$$\text{Energochłonność jednostkowa} = \frac{\text{wielkość plonu (dt ha}^{-1})}{\text{nakłady energetyczne (MJ ha}^{-1})}$$

$$\text{Wskaźnik efektywności energetycznej} = \frac{\text{wartość energetyczna plonu (MJ ha}^{-1})}{\text{nakłady energetyczne (MJ ha}^{-1})}$$

W celu obliczenia powyższych wskaźników została określona zawartość energii brutto (MJ) w 1 kg suchej masy ziarna przez adiabatyczne spalenie w bombie kalorymetrycznej, a następnie został przeliczony plon suchej masy ziarna na wartość energii brutto.

W procesie produkcji pszenżyta ozimego określono zużycie energii na podstawie wszystkich nakładów poniesionych od zabiegów pożniwnych po zbiorze rośliny przedplonowej do zbioru. Zużycie energii określono wykonując pomiar zużycia oleju napędowego, nakładów pracy oraz sprawności standardowych maszyn i urządzeń rolniczych użytych podczas eksperymentu: U1224 + U103/1 Atlas 4H (orka), U1224 + U774/2 (agregat uprawowy), U4512 + U212/2 (bronowanie), U4512 + N035 RNW-3 (aplikacja nawozów

potasowo-fosforowych przed siewem), U1224 + S052/C Mazur 5 (siew), U1224 + N039 RNZ-3 (nawozy azotowe), U4512 + Pilmet 612 (aplikacja środków chemicznych), Bizon-Rekord (zbiór).

3.4. Ekonomiczna ocena produkcji pszenżyta ozimego

W analizie efektywności ekonomicznej produkcji ziarna pszenżyta ozimego zostały obliczone koszty pośrednie i bezpośrednie według operacji technologicznych i źródeł ich powstania. Analizę przeprowadzono wg metodyki Goraj i Mańko (2012) z uwzględnieniem: kosztów bezpośrednich i pośrednich, kalkulacji nadwyżki bezpośredniej, kosztów wg ogniw agrotechniki, kosztów jednostkowych produkcji, wskaźnika efektywności ekonomicznej. Do kosztów pośrednich produkcji pszenżyta wliczono jednostkowe koszty eksploatacji środków technicznych, które obliczono wg metodyki opracowanej przez Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa (Goć i Muzalewski 1997). Metoda ta zakłada, iż na koszty eksploatacji ciągników i maszyn składa się suma kosztów ich utrzymania i użytkowania. Koszt jednostkowy eksploatacji ciągników i maszyn obliczono wykorzystując aktualną ich cenę, normatywne wykorzystanie w okresie trwania, okres trwania, wskaźnik kosztów i napraw oraz wydajność eksploatacyjną poszczególnych maszyn. Na koszty utrzymania składają się: amortyzacja, przechowywanie i konserwacja oraz ubezpieczenia. Koszty użytkowania obejmują: koszty napraw, paliwa i smarów. Za godzinę pracy ludzkiej przyjęto stawkę na poziomie 18 zł. Koszty przemysłowych środków produkcji (materiału siewnego, nawozów mineralnych, środków ochrony roślin oraz nośników energii) przyjęto na podstawie cen rynkowych z I kwartału 2023 r.

3.5. Analiza statystyczna wyników

Wyniki uzyskane w doświadczeniach polowych i analizach laboratoryjnych opracowano statystycznie, zgodnie z układem doświadczenia. Do analizy statystycznej wyników badań zastosowano metodę analizy wariancji (ANOVA). Istotność różnic pomiędzy wartościami średnimi określono przy użyciu testu Tukey'a przy poziomie istotności $p \leq 0,05$. Obliczenia wykonano przy pomocy programu statystycznego TIBCO Statistica 13.3.

3.6. Charakterystyka badanych odmian pszenżyta ozimego wg COBORU

Twingo – producentem odmiany jest Danko Hodowla Roślin sp. z o.o., została wpisana do rejestru w 2012 r. Jest typem półkarłowym, o dużej odporności na wyleganie. Z tego względu nadaje się do uprawy na wysokim poziomie intensywności produkcji. Była to

najniższa odmiana w rejestrze podczas zakładania doświadczenia. Twingo oprócz tolerancji na zakwaszone stanowiska, cechuje się bardzo dobrą zdrowotnością ziarna. Odmiana szczególnie odporna na rdzę żółtą i brunatną oraz pleśń śniegową. Ze względu na wysoką mrozoodporność może być uprawiana na terenie północno-wschodniej Polski. Bardzo dobrze się krzewi, jednak wymaga odpowiedniej ochrony liści flagowych i kłosów. Twingo charakteryzuje się grubym i dorodnym ziarnem o bardzo dobrym wyrównaniu.

Panteon – odmiana pszenżyta ozimego wyhodowana przez Hodowlę Roślin Strzelce sp. z o.o., pastewna o bardzo dobrej plenności, wpisana do rejestru w 2015 r. Wysoko plonuje (najwyżej plonująca odmiana pszenżyta ozimego w Polsce w 2019 roku) ale reaguje średnim przyrostem plonu na wyższą intensywność technologii produkcji. Dość dobrze znosi warunki zimowe. Odmiana charakteryzuje się dość dużą odpornością na septoriozę liści, mączniaka prawdziwego, rdzę brunatną i fuzariozę kłosów. Natomiast na rynchosporiozę, pleśń śniegową i septoriozę plew odporność średnia, na choroby podstawy źdźbła – dość mała. Toleruje dość dobrze zakwaszenie gleby. Najwyższa zawartość białka wśród zarejestrowanych odmian. Jest odmianą bardzo wysoką, najwyższa w rejestrze podczas zakładania doświadczenia. Odmiana ta dobrze sobie radzi w warunkach okresowego niedoboru wody.

4. WYNIKI BADAŃ

4.1. Agrometeorologiczne uwarunkowania wegetacji i plonowania pszenżyta ozimego

Warunki meteorologiczne są czynnikami niezależnymi od producenta rolnego. Jednak istnieją możliwości ograniczenia niekorzystnego wpływu warunków meteorologicznych poprzez np. dobranie właściwej odmiany lub zastosowanie odpowiedniej technologia produkcji (Podolska i Sułek 2002). Warunki klimatyczne mają istotny wpływ na plon ziarna zbóż, tzn. wielkość i jakość (Jaczewska-Kalicka 2008). Znaczący, także negatywny wpływ na plon ma zarówno duża nadwyżka opadów lub też ich niedobór, jak również wysokie amplitudy temperatury (Mizak i wsp. 2011). W Polsce duże znaczenie przypisuje się opadom atmosferycznym, które charakteryzują się większą zmiennością w kolejnych latach. Wielgosz i wsp. (2005) podkreślają, że nie tylko suma opadów jest ważna, ale także ich rozkład w okresie wegetacji oraz w poszczególnych fazach fenologicznych. Gąsiorowska i wsp. (2011) oraz Rymuza i wsp. (2012) podkreślają wagę warunków pogodowych w okresie wegetacji jesiennej oraz w okresie zimowym wpływających na plon ziarna pszenżyta ozimego. Jaskulski i Piasecka (2007) twierdzą nawet, że warunki pogodowe są istotniejsze w budowaniu plonu pszenżyta ozimego niż przedplon. Potwierdzeniem powyższej tezy są badania Szpunar-Krok (2011), w wyniku których otrzymano wysokie plony pszenżyta ozimego, bez nawożenia azotem, ale w sezonie wegetacyjnym o sprzyjającym przebiegu pogody.

W okresie wegetacji pszenżyta ozimego dokonano obserwacji warunków pogodowych, a ściślej dwóch elementów agroklimatu. Stacja Meteorologiczna w Bałcynach notowała średnie temperatury powietrza oraz sumy opadów atmosferycznych występujące w poszczególnych latach badań. Zgromadzone dane porównano z danymi wieloletnimi pochodzącymi z lat 1981-2010.

Z analizy danych meteorologicznych wynika, że warunki klimatyczne w północno-wschodniej części kraju w latach badań były dość zmienne, zarówno pod względem średniej temperatury powietrza, jak i rozkładu oraz nasilenia opadów. W 2016 roku okres wegetacji jesiennej pszenżyta (wrzesień – październik) charakteryzował się sumą opadów wynoszącą 113,4 mm i praktycznie nie różnił się pod tym względem od średniej wieloletniej (111,1 mm) (tab. 6). Jednak rozkład opadów był bardzo nierównomierny. Wrzesień był miesiącem dość suchym. Suma opadów wyniosła tylko 17,1 mm i była o 70% niższa w stosunku do wielolecia (57,1 mm). W pierwszej dekadzie września spadło 7,5 mm, a w drugiej dekadzie (poprzedzającej siew pszenżyta) tylko 1,2 mm. Ze względu na bardzo suchy i ciepły wrzesień (średnia dobowa temperatura wyższa o 1,9^{o} C od średniej z wielolecia), faza wschodów

pszenżyta w 2016 roku była najdłuższa w trzyletnim cyklu badań. Natomiast październik był miesiącem bardzo mokrym. Suma opadów była wyższa o 78% od opadów wieloletnich i chłodniejszym od wielolecia o 1,2^{o} C. Listopad również był miesiącem mokrym (o 52,1% wyższe opady w porównaniu do wielolecia) i nieco chłodniejszym (o 0,3^{o} C). Pod koniec II dekady listopada nastąpiło zahamowanie wegetacji pszenżyta ozimego. Styczeń i luty były miesiącami o najniższej temperaturze. Nie przeszkodziło to jednak w przezimowaniu pszenżyta ze względu na pokrywę śnieżną o grubości od 5 do 10 cm. Spoczynek zimowy w sezonie 2016-2017 trwał 140 dni, przy średniodobowej temperaturze wynoszącej 0,5^{o} C i dość dużej sumie opadów wynoszącej 220,3 mm. Pszenżyto wznowiło wegetację w trzeciej dekadzie marca. Kwiecień był miesiącem wilgotnym, z sumą opadów o 48% większą niż w wieloleciu. Natomiast maj charakteryzował się niedoborami opadów (o 40% mniej niż w wieloleciu). Tylko w pierwszej dekadzie opady były większe, później do końca miesiąca utrzymywała się susza. Czerwiec i lipiec były miesiącami mokrymi i ciepłymi. Suma opadów była większa odpowiednio o 61 i 31% od średniej wieloletniej. Temperatury dobowe również były wysokie, odpowiednio 16,7 i 17,3^{o} C. Wegetacja wiosenna charakteryzowała się wyższą średniodobową temperaturą powietrza niż średnia z wielolecia, a suma opadów pokrywała potrzeby wodne pszenżyta.

Tabela 6. Średnia temperatura dobowa powietrza i opady atmosferyczne w okresie badawczym (1.08.2018 r. do 31.07.2019 r.) na tle średnich z wielolecia, wg Stacji Meteorologicznej w Bałcynach

Wyszczególnienie	**Dekada**	**2016**					**2017**						
		Miesiące											
		VIII	**IX**	**X**	**XI**	**XII**	**I**	**II**	**III**	**IV**	**V**	**VI**	**VII**
Średnia dobowa	1	17,7	17,5	9,0	2,7	1,9	-6,0	-4,3	3,7	9,8	8,5	15,5	16,0
temperatura powietrza	2	15,6	15,1	5,7	2,7	-0,3	-2,2	-2,2	4,3	4,3	14,9	17,4	17,2
[°C]	3	19,3	11,7	6,1	2,1	1,4	-1,6	3,5	7,0	6,1	15,7	17,2	18,5
średnia miesiąca		17,5	14,7	6,9	2,5	1,0	-3,3	-1,0	5,0	6,7	13,0	16,7	17,2
wielolecie (1981-2010)		**16,5**	**12,6**	**8,1**	**2,8**	**-1,3**	**-3,5**	**-2,6**	**1,2**	**6,6**	**12,4**	**15,7**	**16,9**
Opady [mm]	1	54,5	7,5	65,1	39,9	41,4	8,2	3,8	24,3	7,7	27,5	16,6	29,4
	2	10,4	1,2	9,2	27,7	19,2	7,5	14,0	18,6	30,8	2,3	29,7	20,7
	3	7,0	8,4	22,0	10,6	17,2	0,1	22,7	10,1	13,6	4,2	63,6	56,0
suma miesiąca		71,9	17,1	96,3	78,2	77,8	15,8	40,5	53	52,1	34	109,9	106,1
wielolecie (1981-2010)		**78,1**	**57,1**	**54,0**	**51,4**	**40,4**	**26,3**	**19,6**	**27,4**	**35,2**	**56,7**	**68,3**	**81,3**

W kolejny sezonie wegetacyjnym w cyklu badań 2017-2018 warunki, zarówno termiczne, jak i wilgotnościowe były zdecydowanie mniej sprzyjające wegetacji pszenżyta ozimego. Jesienny wzrost i rozwój przebiegał w warunkach wysokiej wilgotności (tab. 7). Jesienne opady były bardzo obfite i wynosiły 371,4 mm, wyższe o 334% od średniej sumy opadów wieloletnich. Pod koniec trzeciej dekady listopada nastąpiło zahamowanie wegetacji pszenżyta ozimego. W grudniu i styczniu odnotowano wyższą temperaturę od średniej z wieloleci. Natomiast spadek temperatury średniodobowej poniżej 0^{o} C wystąpił dopiero w

drugiej dekadzie stycznia. Miesiąc luty w porównaniu do wielolecia należy scharakteryzować jako mroźny (szczególnie trzecia dekada), z opadami śniegu. Marzec był chłodniejszy miesiącem w porównaniu do wielolecia, jednak wilgotnościowo porównywalnym. W drugim roku badań wegetacja wiosenna została wznowiona pierwszej dekadzie kwietnia. Okres spoczynku zimowego trwał 123 dni. Wiosna w 2018 roku była dość sucha. W kwietniu i maju suma opadów wynosiła odpowiednio 28,1 i 41,0 mm, ale były to to misiące ciepłe. Zarówno temperatura, jak i opady były wyższe niż w wieloleciu. Trzecia dekada czerwca była dość mokra, odnotowano obfite opady. Nie zrekompensowało to jednak wcześniejszych niedoborów. Pszenżyto w tym sezonie wegetacyjnym plonowało najniżej z trzech lata badań.

Tabela 7. Średnia temperatura dobowa powietrza i opady atmosferyczne w okresie badawczym (1.08.2018 r. do 31.07.2019 r.) na tle średnich z wielolecia, wg Stacji Meteorologicznej w Bałcynach

Wyszczególnienie	**Dekada**	**2017**					**2018**						
		Miesiące											
		VIII	**IX**	**X**	**XI**	**XII**	**I**	**II**	**III**	**IV**	**V**	**VI**	**VII**
Średnia dobowa	1	20,8	14,6	9,2	6,8	1,8	1,9	-2,9	-4,2	9,5	14,9	19,3	17,6
temperatura powietrza	2	19,2	13,2	12,1	3,2	0,4	-2,5	-1,0	1,1	13,5	15,8	18,5	19,7
[°C]	3	16,3	12,8	7,0	3,0	3,4	0,4	-8,9	1,4	12,7	18,7	15,9	22,3
średnia miesiąca		18,7	13,5	9,4	4,3	1,9	-0,1	-4,3	-0,6	11,9	16,5	17,9	19,9
wielolecie (1981-2010)		**16,5**	**12,6**	**8,1**	**2,8**	**-1,3**	**-3,5**	**-2,6**	**1,2**	**6,6**	**12,4**	**15,7**	**16,9**
Opady [mm]	1	31,6	97,5	55,8	15,7	22,0	15,0	0,5	8,5	2,5	6,0	13,0	15,7
	2	11,7	110,6	18,8	14,5	5,2	4,4	1,0	3,8	10,0	29,4	7,8	81,3
	3	11,5	3,0	85,7	18,8	26,6	18,2	0,5	12,7	15,6	5,6	43,9	43,7
suma miesiąca		54,8	211,1	160,3	49	53,8	37,6	2	25	28,1	41	64,7	140,7
wielolecie (1981-2010)		**78,1**	**57,1**	**54,0**	**51,4**	**40,4**	**26,3**	**19,6**	**27,4**	**35,2**	**56,7**	**68,3**	**81,3**

Sezon wegetacyjny 2018-2019 sprzyjał plonowaniu pszenżyta ozimego. Jesień była dość sucha i ciepła (tab. 8). We wrześniu średnia dobowa temperatura wynosiła 15,3^{o} C i była wyższa o 2,7^{o} C od wartości wieloletniej. Ciepły wrzesień i niska suma opadów (29,1 mm), a także bardzo skąpe opady w 1 i 2 dekadzie października spowodowały przedłużające się wschody roślin pszenżyta. Pszenżyto ozime do wzrostu i rozwoju potrzebuje dość dużych ilości opadów. Wskazują na to badania Nouri-Ganbalanii i wsp. (2009), którzy stwierdzili ścisłą zależność pomiędzy plonem, a masą 1000 ziaren w warunkach niedoboru wody. W badaniach Płazy i Soczyńskiego (2010), plon ziarna pszenżyta ozimego uległ drastycznemu obniżeniu (o 42,5%) w latach niedoboru opadów, w porównaniu z rokiem o korzystnym ich rozkładzie. Jesienią pszenżyto pod względem wilgotnościowym nie jest zbyt wymagające. Opady wynoszące 80-100 mm pokrywają potrzeby tej rośliny do prawidłowego wzrostu i rozwoju. W 2019 roku marzec plasował się pod względem wilgotnościowym podobnie do warunków z wielolecia. Jednak w trzeciej dekadzie marca odnotowano opady na poziomie tylko 2,1 mm. Natomiast w kwietniu było bardzo sucho, nie odnotowano opadów. W kolejnych miesiącach wegetacji pszenżyta opady były średnio o 25% wyższe od średniej z

wielolecia. Zdaniem Michalskiej-Klimczak (2010) umiarkowanie wilgotne miesiące wiosenne wpływają korzystnie na rozwój systemu korzeniowego. Koziara (1996) analizując plony pszenżyta ozimego w odniesieniu do opadów w poszczególnych okresach wzrostu, najwyższe korelacje uzyskał względem opadów fazy strzelania w źdźbło (R = 0,75) i okresu od kwitnienia do dojrzałości woskowej (R = 0,70). Autor wyliczył również opady optymalne, które dla okresu strzelania w źdźbło-dojrzałość woskowa wynoszą ok. 165 mm, z tego na okres kłoszenie-dojrzałość woskowa powinno przypadać 123 mm.

Tabela 8. Średnia temperatura dobowa powietrza i opady atmosferyczne w okresie badawczym (1.08.2018 r. do 31.07.2019 r.) na tle średnich z wielolecia, wg Stacji Meteorologicznej w Bałcynach

Wyszczególnienie	**Dekada**	**2018**					**2019**						
		Miesiące											
		VIII	**IX**	**X**	**XI**	**XII**	**I**	**II**	**III**	**IV**	**V**	**VI**	**VII**
Średnia dobowa	1	23,3	17,1	10,2	9,7	2,0	-2,2	0,9	4,4	7,1	8,8	20,7	15,0
temperatura powietrza	2	20,4	17,3	12,7	4,3	-0,9	-0,9	3,7	4,2	6,2	13,0	22,2	16,8
[°C]	3	17,8	11,4	6,8	-1,6	2,2	-4,4	1,3	6,8	12,8	15,0	20,6	20,3
średnia miesiąca		20,4	15,3	9,8	4,1	1,1	-2,6	2,0	5,2	8,9	12,1	21,0	17,4
wielolecie (1981-2010)		**16,5**	**12,6**	**8,1**	**2,8**	**-1,3**	**-3,5**	**-2,6**	**1,2**	**6,6**	**12,4**	**15,7**	**16,9**
Opady [mm]	1	16,3	2,2	6,6	6,3	23,1	18,1	22,8	19,6	0,0	23,6	0,2	49,9
	2	8,0	5,4	0,0	18,0	3,6	19,8	1,5	8,5	0,0	38,8	81,4	12,4
	3	6,9	21,5	40,3	0,2	30,5	5,1	9,5	2,1	0,0	35,4	10,4	23,5
suma miesiąca		31,2	29,1	46,9	24,5	57,2	43	33,8	30,2	0	97,8	92,0	85,8
wielolecie (1981-2010)		**78,1**	**57,1**	**54,0**	**51,4**	**40,4**	**26,3**	**19,6**	**27,4**	**35,2**	**56,7**	**68,3**	**81,3**

W maju opady atmosferyczne był obfite. Suma miesięczna była niemal dwukrotnie wyższa od średniej sumy z wielolecia i wynosiła aż 97,8 mm. Faza kłoszenia przebiegała zatem w bardzo wysokiem uwilgotnieniu i przy wysokiej temperaturze. Takie warunki sprzyjały szybkiemu i prawidłowemu rozwojowi roślin. Czerwiec był miesiącem bardzo ciepłym i wilgotnym. Odnotowano o 35% wyższe opady w porównaniu do wielolecia, a średnia suma temperatur wyniosła 21,3° C i wyższa od wieloletniej o 5,3^{o} C i była porównywalna do średniej z wielolecia. Największe opady odnotowano w drugiej dekadzie czerwca, a ich łączna suma dała w miesiącu 73,7 mm, były one zbliżone do średniej z wielolecia. Lipiec był nieco chłodniejszy i z mniejszą ilością opadów ale zbliżoną do sumy wieloletniej, co sprzyjało dojrzewaniu ziarna. W sezonie wegetacyjnym 2018-2019 układ czynników agrometeorologicznych był najkorzystniejszy, co potwierdzają uzyskane najwyższe plony pszenżyta ozimego w 3-letnim cyklu badawczym.

4.2. Porażenie roślin przez patogeny grzybowe

Ocena porażenia przez grzyby wykonana w fazie dojrzałości mlecznej pszenżyta ozimego wykazała coroczne wystąpienie na liściach podflagowych i flagowych: septoriozy liści *(Septoria tritici),* mączniaka prawdziwego *(Blumeria graminis),* rdzy brunatnej *(Puccinia*

recondita), a na kłosach fuzariozy kłosów *(Fusarium spp.).* Pszenżyto ozime było tylko w niewielkim stopniu porażone przez znaczące patogeny grzybowe. Stopień porażenia roślin przez był uzależniony od lat badań. W sezonie badawczym 2017–2018 nasilenie chorób grzybowych było znacznie mniejsze. Na taki stan roślin pszenżyta z pewnością miały wpływ warunki pogodowe (sucha wiosna), a także najrzadsza w trzyleciu badawczym obsada łanu (tab. 9-14). Wskazuje to na znaczną zmienność występowania i nasilenia chorób pszenżyta ozimego w zależności od przebiegu pogody w latach badań. Wystąpienie porażenia na pszenżycie *Septoria tritici* było niemal na wszystkich obiektach nawozowych bardzo zbliżone. Istotnie niższe porażenie wobec obiektu kontrolnego stwierdzono dopiero po zastosowaniu biostymulatora Agro-Sorb Folium (tab. 9). Intensywność ochrony przeciwgrzybowej również istotnie wpłynęła na zdrowotność roślin pszenżyta. Jednak dopiero zastosowanie dwóch zabiegów nalistnych znacznie ograniczyło występowanie *Septoria tritici* w porównaniu do obiektów chronionych tylko zaprawą nasienną. Badane odmiany pszenżyta ozimego były w jednakowym stopniu infekowane przez *Septoria tritici.*

Tabela. 9. Porażenie liści flagowych pszenżyta ozimego przez *Septoria tritici* (%)

Rok badań/ intensywność ochrony	Odmiana	Dawka azotu i jej podział					Średnia
		0	wg Nmin	wg 1½ Nmin	wg 1½ Nmin + retardant	wg 1½ Nmin + retardant + biostymulator	
2016/2017	Twingo	3,0	2,7	2,6	2,7	2,5	2,7
	Panteon	2,7	2,5	2,7	2,7	1,9	2,5
2017/2018	Twingo	2,4	2,5	2,4	2,5	1,9	2,3
	Panteon	2,9	2,6	2,6	2,6	2,5	2,7
2018/2019	Twingo	2,5	2,5	2,5	3,4	2,3	2,7
	Panteon	2,4	2,4	2,4	2,4	1,9	2,3
2016/2017	---	3,4	3,3	3,3	3,5	2,8	3,3
2017/2018	---	1,0	0,9	0,9	1,0	0,8	0,9
2018/2019	---	3,5	3,4	3,4	3,6	2,9	3,4
---	Twingo	2,7	2,5	2,6	2,6	2,1	2,5
---	Panteon	2,6	2,5	2,5	2,8	2,2	2,5
zaprawa		2,9	2,7	2,6	2,6	2,5	2,7
zaprawa + 1 zabieg		2,6	2,5	2,6	3,0	2,1	2,6
zaprawa + 2 zabiegi		2,4	2,4	2,4	2,4	1,9	2,3
Średnio		2,6	2,5	2,6	2,7	2,2	-
NIR ($_{\alpha=0,05}$) dla: lat – 1,41; poziomu naw. azotem – 0,34; intensywności ochr. przed chorobami – 0,27; pozostałe interakcje – r.n.							

Mączniak prawdziwy na liściach pszenżyta ozimego występował w niewielkim nasileniu (tab. 10). Badane czynniki doświadczenia różnicowały istotnie stopień wystąpienia *Blumeria graminis.* Podobnie jak w przypadku septoriozy liści, rośliny pszenżyta w drugim rok badań charakteryzowały się zdecydowanie niższym porażeniem. W pierwszym i trzecim

rok badań, pszenżyto był infekowane w takim samym stopniu. Odmiany pszenżyta odmiennie reagowały na porażenie mączniakiem prawdziwym. Istotnie wyższe porażenie wystąpiło na liściach odmiany Panteon. Wzrastające dawki nawożenia azotem wzmagały zainfekowanie pszenżyta przez *Blumeria graminis.* Nawożenie azotem pszenżyta już w dawce 100 kg·ha^{-1} (poletka nawożone wg Nmin) powodowało istotny wzrost porażenia roślin. Kolejna w doświadczeniu, wyższa dawka azotu również przyczyniła się do wzrostu porażenia roślin, nie była to jednak różnica udowodniona statystycznie. Odnotowano tendencję niższego porażenia roślin pszenżyta po zastosowania regulatora wzrostu. Natomiast aplikacja biostymulatora przyczyniła się do znacznego (istotnego) ograniczenia zainfekowania mącznikiem prawdziwym. Aplikacje środków przeciwgrzybowych również w przypadku *Blumeria graminis* potwierdziły skuteczność w ograniczaniu porażenia. Już jednokrotny zabieg nalistny fungicydem istotnie zmniejszył porażenie mączniakiem prawdziwym. Druga aplikacja środka fungicydowego także istotnie zredukowała porażenie.

Tabela. 10. Porażenie liści flagowych pszenżyta przez *Blumeria graminis* (%)

Rok badań/ intensywność ochrony	Odmiana	Dawka azotu i jej podział					Średnia
		0	wg Nmin	wg 1½ Nmin	wg 1½ Nmin + retardant	wg 1½ Nmin + retardant + biostymulator	
2016/2017	Twingo	4,8	4,8	4,8	4,5	0,8	3,4
	Panteon	4,6	4,6	6,9	6,4	1,8	4,3
2017/2018	Twingo	1,2	1,2	1,2	1,1	0,2	0,9
	Panteon	1,2	1,2	1,8	1,6	0,5	1,1
2018/2019	Twingo	4,9	4,9	4,9	4,6	0,8	3,4
	Panteon	4,7	4,7	7,1	6,6	1,9	4,4
2016/2017	---	1,9	4,7	5,9	5,4	1,3	3,8
2017/2018	---	0,5	1,2	1,5	1,4	0,3	1,0
2018/2019	---	2,0	4,8	6,0	5,6	1,4	3,9
---	Twingo	1,5	3,6	3,6	3,4	0,6	2,6
---	Panteon	1,4	3,5	5,3	4,9	1,4	3,3
zaprawa		2,2	6,0	5,8	4,4	0,8	3,8
zaprawa + 1 zabieg		0,8	1,1	5,7	4,9	1,1	2,7
zaprawa + 2 zabiegi		1,4	3,5	1,9	3,1	1,1	2,2
Średnio		1,5	3,6	4,4	4,1	1,0	
NIR ($_{\alpha=0,05}$) dla: lat – 2,92; odmian – 0,74; poziomu naw. azotem – 0,61; intensywności ochr. przed chorobami – 0,33; pozostałe interakcje – r.n.							

Infekcja rdzy brunatnej była zróżnicowana w latach badań. W drugim roku eksperymentu odnotowano istotnie niższe porażenie przez rdzę brunatną (tab. 11). Badane odmiany pszenżyta ozimego nie wykazywały praktycznie żadnych różnic w stopniu porażenia przez *Puccinia recondita*. Biostymulator Agro-Sorb Folium również istotnie ograniczył występowanie rdzy brunatnej. Fungicydowe zabiegi nalistne potwierdziły skuteczność w

ograniczeniu rdzy brunatnej ale istotne zmniejszenie porażenia stwierdzono dopiero na obiektach chronionych dwoma zabiegami nalistnymi.

Tabela. 11. Porażenie liści flagowych pszenżyta przez *Puccinia recondita* (%)

Rok badań/ intensywność ochrony	Odmiana	Dawka azotu i jej podział					Średnia
		0	wg Nmin	wg 1½ Nmin	wg 1½ Nmin + retardant	wg 1½ Nmin + retardent + biostymulator	
2016/2017	Twingo	4,0	3,5	3,8	3,8	3,0	3,6
	Panteon	3,8	3,7	3,6	3,6	2,4	3,4
2017/2018	Twingo	1,1	1,0	1,0	1,0	0,8	1,0
	Panteon	1,1	1,0	1,0	1,0	0,7	0,9
2018/2019	Twingo	3,8	3,4	3,7	3,6	2,9	3,5
	Panteon	3,7	3,6	3,5	3,5	2,3	3,3
2016/2017	---	3,9	3,6	3,7	3,7	2,7	3,5
2017/2018	---	1,1	1,0	1,0	1,0	0,7	1,0
2018/2019	---	3,8	3,5	3,6	3,6	2,6	3,4
---	Twingo	3,0	2,6	2,8	2,8	2,2	2,7
---	Panteon	2,9	2,8	2,7	2,7	1,8	2,6
zaprawa		3,3	2,9	2,9	2,9	2,4	2,8
zaprawa + 1 zabieg		2,9	2,6	2,8	2,7	1,9	2,6
zaprawa + 2 zabiegi		2,6	2,5	2,6	2,7	1,7	2,4
Średnio		2,9	2,7	2,8	2,7	2,0	-
NIR ($_{\alpha=0,05}$) dla: lat – 1,58; poziomu naw. azotem – 0,29; intensywności ochr. przed chorobami – 0,31; pozostałe interakcje – r.n.							

Trzyletni okres badawczy charakteryzował się niewielkim nasileniem *Fusarium* spp., jednak zróżnicowanym istotnie warunkami klimatycznymi (tab. 12). Najmniejsze, istotnie niższe porażenie odnotowano w drugim roku badań. Pierwszy i trzecie rok badań nie różniły się statystycznie w nasileniu *Fusarium* spp. Obie odmiany pszenżyta podobnie reagowały na wystąpienie tego patogena. Warianty nawożenia azotem istotnie przyczyniły się do wzrostu zainfekowania kłosów fuzariozą. Rośliny z obiektu kontrolnego charakteryzowały się niskim porażeniem, a dawka azotu w ilości 100 kg·ha^{-1} (wg Nmin) istotnie intensyfikowała nasilenie *Fusarium* spp. Kolejna dawka azotu (150 kg·ha^{-1} wg 1½ Nmin) również przyczyniła się do zwiększonego zainfekowania, nie była to jednak różnica istotna. Podobnie, aplikacja regulatora wzrostu ograniczyła porażenia ale nie udowodnione statystycznie. Natomiast biostymulator kolejny raz pozytywnie wpłynął na statystycznie istotne ograniczenie porażenia tym razem kłosów pszenżyta. Poziom intensywności ochrony fungicydowej istotnie różnicował nasilenie występowania fuzariozy. Najmniejszą skuteczność wykazało stosowanie podstawowej ochrony (tylko zaprawy nasiennej), a najmniej porażone kłosy odnotowano po zastosowaniu dwóch zabiegów fungicydowych w trakcie wegetacji.

Tabela. 12. Porażenie kłosów pszenżyta przez *Fusarium* spp.(%)

Rok badań/ intensywność ochrony	Odmiana	Dawka azotu i jej podział					Średnia
		0	wg Nmin	wg 1½ Nmin	wg 1½ Nmin + retardant	wg 1½ Nmin + retardant + biostymulator	
2016/2017	Twingo	4,3	5,8	6,3	5,7	3,5	5,1
	Panteon	4,8	6,2	6,6	5,6	3,6	5,4
2017/2018	Twingo	1,2	1,6	1,7	1,6	1,0	1,4
	Panteon	1,3	1,7	1,8	1,5	1,0	1,5
2018/2019	Twingo	4,2	5,7	6,2	5,6	3,4	5,0
	Panteon	4,7	6,1	6,4	5,5	3,5	5,3
2016/2017	---	4,5	6,0	6,4	5,7	3,6	5,2
2017/2018	---	1,2	1,6	1,8	1,6	1,0	1,4
2018/2019	---	4,5	5,9	6,3	5,6	3,5	5,1
---	Twingo	3,2	4,4	4,8	4,3	2,6	3,9
---	Panteon	3,6	4,6	4,9	4,2	2,7	4,0
zaprawa		4,3	4,5	4,8	4,7	3,1	4,3
zaprawa + 1 zabieg		3,4	4,4	5,1	4,9	2,9	4,1
zaprawa + 2 zabiegi		2,6	4,6	4,7	3,3	2,1	3,4
Średnio		3,4	4,5	4,8	4,4	2,7	-
NIR ($_{\alpha=0,05}$) dla: lat – 3,53; poziomu naw. azotem – 0,51; intensywności ochr. przed chorobami – 0,43; pozostałe interakcje – r.n.							

4.3. Cechy morfologiczne roślin

4.3.1. Długość źdźbła pszenżyta ozimego

Pszenżyto ozime różniło się istotnie w latach badań długością źdźbła (tab. 13). Istotnie najdłuższym źdźbłem charakteryzowało się pszenżyto w sezonie wegetacyjnym 2018/2019.

Tabela. 13. Długość źdźbła pszenżyta ozimego (cm)

Rok badań	Odmiana	Dawka azotu i jej podział					Średnia
		0	wg Nmin	wg 1½ Nmin	wg 1½ Nmin + retardant	wg 1½ Nmin + retardant + biostymulator	
2016/2017	Twingo	87,3	92,0	98,3	94,2	94,7	93,3
2016/2017	Panteon	104,3	111,9	115,7	111,6	112,1	111,1
2017/2018	Twingo	85,4	91,4	97,5	93,7	94,1	92,4
2017/2018	Panteon	103,1	109,6	114,2	107,9	108,4	108,6
2018/2019	Twingo	92,2	97,7	101,2	96,3	96,9	96,9
2018/2019	Panteon	112,5	114,7	119,6	113,9	114,2	115,0
2016/2017	---	95,8	102,0	107,0	102,9	103,4	102,2
2017/2018	---	94,3	100,5	105,9	100,8	101,3	100,5
2018/2019	---	102,4	106,2	110,4	105,1	105,6	105,9
---	Twingo	88,3	93,7	99,0	94,7	95,2	94,2
---	Panteon	106,6	112,1	116,5	111,1	111,6	111,6
zaprawa		97,3	102,7	107,6	102,6	103,6	102,8
zaprawa + 1 zabieg		97,5	102,6	107,6	102,8	103,3	102,8
zaprawa + 2 zabiegi		97,4	103,3	107,7	103,2	103,6	103,0
Średnio		97,5	102,9	107,8	102,9	103,4	–
NIR ($_{\alpha=0,05}$) dla: lat – 2,7; odmian – 1,9; poziomu naw. azotem – 1,4; pozostałe interakcje – r.n.							

Długość źdźbła półkarłowej odmiany Twingo, średnio dla 3-letnigo cyklu badań wynosiła 94,2 cm. Natomiast źdźbło tradycyjnej odmiany Panteon było dłuższe niemal o 18,5% i wynosiło 111,6 cm. Biorąc pod uwagę nawożenie azotem najkrótsze źdźbło miało pszenżyto w obiekcie kontrolnym. Wzrastające dawki nawożenia azotem istotnie wydłużało źdźbło do dawki nawożenia wg 1½ Nmin (150 kg·ha^{-1}). W tym obiekcie nawozowym źdźbła pszenżyta było dłuższe w porównaniu z obiektem kontrolnym o 10,5%. Aplikacja regulatora wzrostu istotnie skróciła źdźbło pszenżyta (o 4,6%). Długość źdźbła pszenżyta nie zmieniła się statystycznie po aplikacji biostymulatora. Odnotowano tylko tendencję nieco wyższych roślin (0,5 cm) u obu odmian. Ochrona fungicydowa nie różnicowała długości źdźbła pszenżyta ozimego. Odnotowano natomiast tendencję wyższych roślin na poletkach chronionych z większą intensywnością.

4.4. Plon ziarna i elementy składowe

Zmienne w latach badań 2017-2019 warunki wpłynęły zróżnicowanie na plonowanie pszenżyta ozimego. Średni z trzech lat badan plon ziarna należy zaliczyć do wysokich (76,5 dt·ha^{-1}) (tab. 14). W 3-letnim cyklu badań najwyższy plon ziarna otrzymano w 2019 roku (86,7 dt·ha^{-1}). W tym sezonie wegetacyjnym wystąpił dość korzystny układ warunków

Tabela 14. Plon ziarna pszenżyta ozimego (dt·ha^{-1})

Rok badań/ intensywność ochrony	Odmiana	Dawka azotu i jej podział					Średnia
		0	wg Nmin	wg 1½ Nmin	wg 1½ Nmin + retardant	wg 1½ Nmin + retardant + biostymulator	
2016/2017	Twingo	66,4	80,4	86,7	88,1	89,1	82,1
	Panteon	70,1	82,9	89,2	90,7	93,1	85,2
2017/2018	Twingo	46,8	56,7	61,1	62,1	62,7	57,9
	Panteon	49,4	58,4	62,8	63,9	65,6	60,0
2018/2019	Twingo	68,8	83,4	89,9	91,4	92,3	85,2
	Panteon	72,7	86,0	92,4	94,1	96,6	88,3
2016/2017	---	68,3	81,7	87,9	89,4	91,1	83,7
2017/2018	---	48,1	57,5	61,9	63,0	64,2	58,9
2018/2019	---	70,8	84,7	91,2	92,7	94,4	86,7
---	Twingo	60,7	73,5	79,2	80,5	81,4	75,1
---	Panteon	64,1	75,8	81,5	82,9	85,1	77,9
zaprawa		61,1	72,4	78,3	79,5	80,9	74,4
zaprawa + 1 zabieg		62,6	74,4	80,5	82,5	84,0	76,8
zaprawa + 2 zabiegi		63,4	77,0	82,2	83,2	84,8	78,1
Średnio		62,4	74,6	80,3	81,7	83,2	-
NIR ($_{\alpha=0,05}$) dla: lat – 5,3; odmian – 2,6; poziomu naw. azotem – 4,1; intensywności ochr. przed chorobami – 2,11 ; pozostałe interakcje – r.n.							

pogodowych (ciepła jesień, łagodna zima i wilgotna wiosna). W roku 2017 pszenżyto ozime plonowało o 3,5% niżej. Natomiast w roku 2018 plon ziarna był istotnie mniejszy o 36,9%. Oznacza to, że w 2017 i 2019 roku pszenżyto ozime plonowało na podobnym poziomie, ponieważ różnice statystyczne w plonie między latami były nieistotne.

Badane odmiany pszenżyta ozimego różniły się znacznie poziomem plonowania. Istotnie wyżej plonowała odmiana Panteon (77,9 dt·ha^{-1}), której plon ziarna był większy od odmiany półkarłowej Twingo o 3,6%. Średni uzyskany z 3 lat plon ziarna pszenżyta w obiekcie kontrolnym (bez nawożenia azotem) można uznać za wysoki (62,4 dt·ha^{-1}). Nawożenie azotem powodowało przyrost plonu ziarna, jednak statystycznie istotny tylko do dawki na obiekcie 3 (wg 1½ Nmin – 150 kg N·ha^{-1}). Przyrost plonu ziarna pod wpływem stosowania dawki 100 kg N (wg Nmin) wynosił 12,2 dt·ha^{-1} (19,9% plonu kontrolnego) i był statystycznie istotny. Dalsze zwiększanie dawki azotu (ze 100 do 150 kg N·ha^{-1}) powodowało mniejszy (tylko 5,7 dt·ha^{-1}) przyrost plonu ziarna (7,6%), co było również wartością istotną. Zastosowanie regulatora wzrostu spowodowało przyrost plonu ziarna pszenżyta tylko o 1,4 dt·ha^{-1}, czyli o 1,7%. Dodatkowa aplikacja biostymulatora również korzystnie wpłynęła na plon ziarna (1,5 dt·ha^{-1} - 1,8%), nie była to jednak wartość potwierdzona statystycznie.

4.4.1. Obsada źdźbeł kłosonośnych

Plony ziarna pszenżyta ozimego w latach badań w dużym stopniu determinowany był przez liczbę dźbeł produktywnych przed zbiorem na powierzchni 1 m^2. Zróżnicowanie

Tabela 15. Liczba kłosów pszenżyta ozimego (szt.·m^{-2}

Rok badań/ intensywność ochrony	Odmiana	Dawka azotu i jej podział					Średnia
		0	wg Nmin	wg 1½ Nmin	wg 1½ Nmin + retardant	wg 1½ Nmin + retardant + biostymulator	
2016/2017	Twingo	521	573	586	588	600	574
	Panteon	574	627	632	633	639	621
2017/2018	Twingo	377	415	424	426	435	415
	Panteon	416	454	458	458	463	450
2018/2019	Twingo	540	593	607	610	622	595
	Panteon	595	650	656	656	663	644
2016/2017	---	547	600	609	610	620	597
2017/2018	---	396	435	441	442	449	433
2018/2019	---	567	622	631	633	643	619
---	Twingo	479	527	539	541	553	528
---	Panteon	528	577	582	582	589	572
zaprawa		503	552	560	561	569	549
zaprawa + 1 zabieg		504	553	561	562	570	550
zaprawa + 2 zabiegi		504	551	561	562	572	550
Średnio		504	552	561	562	571	-
NIR (α=0,05) dla: lat – 23; odmian – 14; poziomu naw. azotem – 13; interakcji lat x odmian – 40; pozostałe interakcje – r.n.							

obsady kłosów na jednostce powierzchni w latach badań było bardzo duże. Największe zagęszczenie łanu (średnio 619 kłosów na 1 m^2) odnotowano w 2019 roku, który był dość wilgotny, co miało wpływ na krzewistość roślin (tab. 15). Duże zagęszczenie kłosów przed zbiorem pozwoliło więc uzyskać największe plony ziarna. W roku 2018 rośliny wykazywały zdecydowanie słabszą krzewistość. Liczba kłosów w porównaniu z rokiem 2019 była mniejsza o 30% i uzyskano istotnie niższe plony ziarna.

Również różnice w plonie ziarna między odmianami pszenżyta ozimego wynikały z dużego zróżnicowania liczby kłosów produktywnych przed zbiorem. Na zagęszczenie kłosów pszenżyta miała niewątpliwie wpływ zastosowana w doświadczeniu różna liczba ziarniaków na jednostkę powierzchni (Twingo 300 kiełkujących ziarniaków na 1 m^2, Panteon 350). Odmiany pszenżyta różniły się w latach badań wyraźnie liczbą kłosów produktywnych na 1 m^2 (interakcja lata x odmiana). W sprzyjających warunkach w okresie wegetacji jakie wystąpiły w 2019 roku, obie odmiany pszenżyta wykazywały największe zwarcie kłosów w łanie. Z badanych odmian większe zagęszczenie kłosów wykazała odmiana Panteon, stąd zagęszczenie łanu na 1 m^2 było najwyższe i wynosiło 644 kłosów produktywnych, a więc o 8,2% większe w stosunku do odmiany (różnica istotna).

Nawożenie azotem miało istotny wpływ na liczbę kłosów produktywnych na jednostce powierzchni przed zbiorem. Najmniej kłosów produktywnych na jednostce powierzchni stwierdzono w obiekcie kontrolnym (bez azotu). Największy wzrost pod wpływem nawożenia azotem, w stosunku do obiektu kontrolnego, wystąpił na dawce 100 kg $N \cdot ha^{-1}$ (nawożenie wg Nmin – wzrost o 9,5%). Istotny przyrost liczby źdźbeł produktywnych pod wpływem nawożenia azotem następował do dawki 150 kg $N \cdot ha^{-1}$ (wzrost w stosunku do kontroli o 11,3%). Zastosowanie regulatora wzrostu nie różnicowało już istotnie liczby źdźbeł kłosonośnych. Zastosowane poziomy ochrony przed chorobami nie wpływały istotnie na zagęszczenie kłosów w łanie pszenżyta.

4.4.2. Liczba ziaren w kłosie

Liczba ziaren w kłosie pszenżyta ozimego, podobnie jak inne cechy składowe plonu, różniła się istotnie w latach badań (tab. 16). Największą liczbę ziaren stwierdzono w 2019 roku (40,7 ziaren), natomiast w pozostałych latach ich liczba była istotnie mniejsza od 3,2% w roku 2017 do 5,7% w roku 2018. Odmiany różniły się istotnie liczbą ziaren w kłosie. Przeciętna liczba ziaren w kłosie odmiany Panteon wynosiła 41,1 szt. i była wyższa od półkarłowej odmiany Twingo o 1,0% i była to różnica istotna.

Liczba ziaren w kłosie pszenżyta ozimego była istotnie różnicowana również przez nawożenie azotem. Najmniejszą liczbę ziaren w kłosie wykazywało pszenżyto ozime w obiekcie kontrolnym (bez nawożenia azotem). Istotny przyrost liczby ziaren w kłosie pod wpływem nawożenia azotem następował do dawki 150 kg N·ha^{-1} (obiekty nawożone wg 1½ Nmin).

Tabela 16. Liczba ziaren w kłosie pszenżyta ozimego (szt.)

Rok badań/ intensywność ochrony	Odmiana	Dawka azotu i jej podział					Średnia
		0	wg Nmin	wg 1½ Nmin	wg 1½ Nmin + retardant	wg 1½ Nmin + retardant + biostymulator	
2016/2017	Twingo	37,4	40,6	42,0	42,3	43,0	41,1
	Panteon	35,5	37,6	38,1	38,3	39,3	37,8
2017/2018	Twingo	36,4	39,5	41,0	41,3	41,9	40,0
	Panteon	34,6	36,6	37,1	37,3	38,3	36,8
2018/2019	Twingo	38,6	41,9	43,4	43,7	44,3	42,4
	Panteon	36,6	38,8	39,3	39,5	40,6	39,0
2016/2017	---	36,4	39,1	40,1	40,3	41,1	39,4
2017/2018	---	35,5	38,1	39,0	39,3	40,1	38,4
2018/2019	---	37,6	40,3	41,3	41,6	42,5	40,7
---	Twingo	37,5	40,7	42,1	42,4	43,1	41,1
---	Panteon	35,6	37,7	38,2	38,4	39,4	37,8
zaprawa		36,3	39,0	40,0	40,1	41,0	39,3
zaprawa + 1 zabieg		36,5	39,2	40,2	40,4	41,2	39,5
zaprawa + 2 zabiegi		36,7	39,3	40,3	40,7	41,5	39,7
Średnio		36,5	39,2	40,2	40,4	41,2	-
NIR ($_{\alpha=0,05}$) dla: lat – 1,34; odmian – 0,36; poziomu naw. azotem – 0,62; pozostałe interakcje – r.n.							

Aplikacja regulatora wzrostu nieznacznie poprawiła wartość tej cechy. Również zastosowany w doświadczeniu biostymulator wzrostu istotnie zwiększył liczbę ziaren w kłosach pszenżyta ozimego o 0,8 g w odniesieniu do aplikacji w czwartej kombinacji, co stanowiło niemal 2%. Pszenżyto ozime pozytywni reagowało więkaszą liczbą ziaren w kłosie pod wpływem zróżnicowanej intensywności ochrony przeciwgrzybowej. Nie był to jednak wpływ istotny. Odnotowano jednak tendencję większej liczby ziaren w kłosach wraz ze wzrostem intensywności ochrony przeciwgrzybowej.

4.4.3. Masa 1000 ziaren

Pszenżyto ozime różniło się istotnie w latach badań dorodnością ziarna (tab. 17). W roku 2017 i 2019 stwierdzono podobną statystycznie dorodność ziarna (masa 1000 ziaren wynosiła odpowiednio 41,3 i 41,7 g). Natomiast w 2018 roku dorodność ziarna była istotnie niższa. Odmiany również różniły się masą 1000 ziaren. Dorodniejszym ziarnem charakteryzowała się tradycyjna odmiana Panteon (41,2 g). Dorodność półkarłowej odmiany

Twingo była niższa zaledwie o 0,7 g (1,7%), różnica ta została potwierdzona statystycznie. Odmiany różniły się w latach badań masą 1000 ziaren, co oznacza, że kształtowaniu się masy 1000 ziaren stwierdzono istotną interakcję lata x odmiana. W pierwszym roku badań (2017), odmiana Panteon charakteryzowała się istotnie większą masą 1000 ziaren od odmiany Twingo (aż 2,7 g), natomiast w trzecim (2019) roku badań odmiana Twingo istotnie przewyższała masą 1000 ziaren odmianę Panteon o 0,5 g.

Tabela 17. Masa 1000 ziaren pszenżyta ozimego (g)

Rok badań/ intensywność ochrony	Odmiana	Dawka azotu i jej podział					Średnia
		0	wg Nmin	wg 1½ Nmin	wg 1½ Nmin + retardant	wg 1½ Nmin + retardant + biostymulator	
2016/2017	Twingo	38,3	40,8	41,5	40,3	38,8	39,9
	Panteon	41,2	45,6	42,9	41,4	41,8	42,6
2017/2018	Twingo	39,5	41,6	39,1	39,7	38,4	39,6
	Panteon	38,5	39,0	39,8	40,5	39,2	39,4
2018/2019	Twingo	41,8	44,0	41,3	42,0	40,7	42,0
	Panteon	40,8	41,3	42,1	42,8	40,5	41,5
2016/2017	---	39,8	43,2	42,2	40,9	40,3	41,3
2017/2018	---	39,0	40,3	39,4	40,1	38,8	39,5
2018/2019	---	41,3	42,7	41,7	42,4	40,6	41,7
---	Twingo	39,9	42,1	40,6	40,6	39,3	40,5
---	Panteon	40,2	42,0	41,6	41,6	40,5	41,2
zaprawa		39,4	40,5	39,8	41,7	41,5	40,5
zaprawa + 1 zabieg		42,3	40,8	41,0	40,4	39,5	40,8
zaprawa + 2 zabiegi		38,5	44,9	42,6	41,2	38,8	41,2
Średnio		40,0	42,1	41,1	41,1	39,9	-
NIR ($_{\alpha=0,05}$) dla: lat – 0,47; odmian – 0,32; poziomu naw. azotem – 0,45; interakcji lat x odmiany – 0,37; pozostałe interakcje – r.n.							

Biorąc pod uwagę nawożenie azotem należy stwierdzić, że ziarno pszenżyta ozimego największą masę 1000 ziaren uzyskało na obiektach kontrolnych, nienawożonych azotem (40,0 g). Zwiększenie dawki nawożenia azotem do 100 kg·ha^{-1} (wg 1 Nmin) istotnie poprawiło wartość tej cechy. Kolejna dawka azotu (150 kg·ha^{-1} wg 1½ Nmin) powodowało tzw. ponawozowe zdrobnienie ziarna i odnotowano istotny spadek wartości liczbowej tej cechy. Aplikacja regulatora wzrostu nie spowodowała zmian w wartości masy 1000 ziaren. Natomiast z zaskoczeniem zostało odnotowane istotne obniżenie dorodności ziarna z obiektów, gdzie zastosowano biostymlator wzrostu.

4.5. Skład chemiczny ziarna pszenżyta ozimego

4.5.1. Zawartość białka surowego

Wartość paszowa ziarna zależy od zawartości w nim poszczególnych składników, czyli od jego składu chemicznego. W badaniach własnych skład chemiczny ziarna pszenżyta

ozimego był determinowany genotypem (forma półkarłowa i tradycyjna), a także zmieniał się pod wpływem nawożenia azotem oraz warunków klimatycznych w latach badań.

Tabela 18. Zawartość białka surowego (%) w suchej masie ziarna pszenżyta ozimego

Rok badań/ intensywność ochrony	Odmiana	Dawka azotu i jej podział					Średnia
		0	wg Nmin	wg 1½ Nmin	wg 1½ Nmin + retardant	wg 1½ Nmin + retardant + biostymulator	
2016/2017	Twingo	8,4	10,3	11,3	11,3	12,1	10,7
	Panteon	8,6	10,9	12,1	12,5	12,3	11,3
2017/2018	Twingo	8,1	9,9	10,8	10,9	11,6	10,2
	Panteon	8,2	10,5	11,6	12,0	11,8	10,8
2018/2019	Twingo	8,6	10,5	11,4	11,5	12,3	10,9
	Panteon	8,7	11,1	12,3	12,7	12,5	11,5
2016/2017	---	8,5	10,6	11,7	11,9	12,2	11,0
2017/2018	---	8,6	10,8	11,9	12,1	12,4	11,2
2018/2019	---	8,1	10,2	11,2	11,4	11,7	10,5
---	Twingo	8,3	10,2	11,2	11,2	12,0	10,6
---	Panteon	8,5	10,8	12,0	12,4	12,2	11,2
zaprawa		8,4	10,2	11,5	11,0	11,8	10,6
zaprawa + 1 zabieg		8,2	10,4	11,7	12,0	12,2	10,9
zaprawa + 2 zabiegi		8,6	11,0	11,5	12,5	12,3	11,2
Średnio		8,4	10,5	11,6	11,8	12,1	-
NIR ($_{\alpha=0,05}$) dla: lat – 0,31; odmian – 0,47; poziomu naw. azotem – 0,77; intensywności ochr. przed chorobami – 0,42; pozostałe interakcje – r.n.							

Średnie z 3 lat wyniki badań wykazały, że ziarno konwencjonalnej odmiany Panteon było znacznie zasobniejsze w białko surowe (11,2%) niż półkarłowej odmiany Twingo (10,6%) (tab. 18). Zawartość tego składnika w ziarnie badanych odmian pszenżyta ozimego była zróżnicowana w latach. Najmniejszą zawartością białka charakteryzowało się pszenżyto w trzecim (2019) roku badań. W tym sezonie wegetacyjnym zebrano też największy plon ziarna. Istotnie większą zawartość białka zawierało ziarno pszenżyta w 2017 i 2018 roku.

Biorąc pod uwagę nawożenie azotem należy stwierdzić, że najmniej białka surowego zawierało ziarno pszenżyta ozimego zebrane z obiektu kontrolnego (bez azotu). Reakcja odmian na nawożenie azotem była jednokierunkowa. Wzrost zawartości białka w ziarnie pod wpływem nawożenia azotem następował regularnie do dawki 150 kg N·ha^{-1} (nawożenie wg 1½ Nmin). Zastosowanie retardanta tylko nieznacznie podniosło zawartość białka w ziarnie pszenżyta. Również biostymulator korzystnie wpłynął na podniesienie zawartości białka ale bez znaczenia statystycznego. Należy również zaznaczyć, że chemiczna ochrona przeciwgrzybowa spowodowała istotne podniesienie zawartości białka w ziarnie pszenżyta ale dopiero po zastosowaniu dwóch zabiegów nalistnych.

4.5.2. Zawartość skrobi

Skrobia, oprócz białka zaliczana jest do najważniejszych składników wpływających na wartość paszową ziarna. Jej zawartość była zienna w latach badań (tab. 19). W drugim roku badań zawartość skrobi była najniższa i różniła się statystycznie ale niekorzystnie w odniesieniu do pierwszego i drugiego roku badań. Zawartość skrobi w ziarnie odmiany Panteon wynosiła średnio 61,2% i była tylko nieznacznie wyższa od odmiany Twingo (61,0%).

Tabela 19. Zawartość skrobi (%) w suchej masie ziarna pszenżyta ozimego

Rok badań/ intensywność ochrony	Odmiana	Dawka azotu i jej podział					Średnia
		0	wg Nmin	wg 1½ Nmin	wg 1½ Nmin + retardant	wg 1½ Nmin + retardant + biostymulator	
2016/2017	Twingo	58,5	60,3	62,4	62,5	63,3	61,4
	Panteon	61,0	61,1	63,1	58,0	64,2	61,5
2017/2018	Twingo	57,2	59,0	61,0	61,1	61,9	60,1
	Panteon	59,7	59,8	61,8	56,8	62,8	60,2
2018/2019	Twingo	58,9	60,7	62,8	62,9	63,7	61,8
	Panteon	61,5	61,5	63,6	58,4	64,5	61,9
2016/2017	---	59,7	60,2	60,7	62,7	63,7	61,4
2017/2018	---	58,4	58,9	59,4	61,4	62,3	60,1
2018/2019	---	60,2	60,6	61,1	63,2	64,1	61,8
---	Twingo	58,2	62,1	60,0	62,0	62,9	61,0
---	Panteon	60,7	57,7	60,8	62,8	63,8	61,2
zaprawa		57,1	63,7	58,9	59,9	61,8	60,3
zaprawa + 1 zabieg		60,3	56,2	63,4	64,0	61,8	61,1
zaprawa + 2 zabiegi		60,9	59,9	58,9	63,3	66,5	61,9
Średnio		59,5	59,9	60,4	62,4	63,4	-
NIR ($_{\alpha=0,05}$) dla: lat – 0,37; poziomu naw. azotem – 0,83; intensywności ochr. przed chorobami – 0,42; pozostałe interakcje – r.n.							

Wyższe dawki nawożenia azotem w stosunku do kontroli znacznie podwyższały zawartość tego składnika w ziarnie. Istotnie wyższą zawartość skrobi stwierdzono nawożąc pszenżyto dawką 150 kg·ha^{-1}. Zarówno aplikacja retardanta, jak i stymulatora wzrostu wpłynęły isotnie na zawartość skrobi w ziarnie. Odnotowano także pozytywny, istotny wpływ intensywności ochrony fungicydowej na zawartość skrobi w ziarnie. Najniższy udział był w ziarnie zebranym z poletek chronionych tylko zaprawą nasienną i już jeden nalistny zabieg fungicydowy istotnie zwiększył zawrtość skrobi z ziarnie. Najwyższą zawartość skrobi (61,9%) stwierdzono na poletkach chronionych zaprawą nasienną i dwoma zabiegami przeciwgrzybowymi.

4.5.3. Zawartość tłuszczu surowego

Zawartość tłuszczu w ziarnie pszenżyta ozimego w zależności od lat badań różniła się nieznacznie. Najwyższą jego zawartość uzyskano w roku o najwyższy plonie (2019), zaś najniższą w roku o 2018 (najniższy plon w badanym trzyleciu). Zawartość tłuszczu surowego w ziarnie pszenżyta ozimego odmiany Panteon wynosiła średnio z trzech lat badań 1,29% i była wyższa o 5,7% od półkarłowej odmiany Twingo (1,22%) (tab. 19). Intensywniejsze nawożenie nawożenie azotem (100 kg·ha^{-1}) w stosunku do kontroli podwyższyło zawartość tego składnika w ziarnie. Kolejna dawka azotu (150 kg·ha^{-1}) obniżyła zawartość tłuszczu. Natomiast aplikacja regulatora wzrostu i bisostymulatora wpłynęły na zwiększenie zawartości lipidów w ziarnie obu odmian pszenżyta ozimego.

Tabela 19. Zawartość tłuszczu surowego (%) w suchej masie ziarna pszenżyta ozimego

Rok badań/ intensywność ochrony	Odmiana	Dawka azotu i jej podział					Średnia
		0	wg Nmin	wg 1½ Nmin	wg 1½ Nmin + retardant	wg 1½ Nmin + retardant + biostymulator	
2016/2017	Twingo	0,8	1,2	1,1	1,4	1,7	1,2
	Panteon	0,9	1,3	1,1	1,4	1,7	1,3
2017/2018	Twingo	0,8	1,1	1,0	1,3	1,6	1,2
	Panteon	0,9	1,2	1,1	1,4	1,6	1,2
2018/2019	Twingo	0,9	1,2	1,1	1,4	1,7	1,3
	Panteon	0,9	1,3	1,2	1,5	1,7	1,3
2016/2017	---	0,89	1,23	1,12	1,40	1,69	1,26
2017/2018	---	0,85	1,18	1,07	1,34	1,62	1,21
2018/2019	---	0,90	1,25	1,14	1,42	1,72	1,29
---	Twingo	0,83	1,19	1,09	1,35	1,66	1,22
---	Panteon	0,92	1,24	1,13	1,43	1,70	1,29
zaprawa		0,84	1,15	1,14	1,39	1,52	1,21
zaprawa + 1 zabieg		0,83	1,28	1,16	1,32	1,74	1,26
zaprawa + 2 zabiegi		0,97	1,23	1,03	1,46	1,79	1,29
Średnio		0,88	1,22	1,11	1,39	1,68	-
NIR ($_{\alpha=0,05}$) dla: poziomu naw. azotem – 0,18; pozostałe interakcje – r.n.							

Zawartość tuszu surowego zachowywała się stabilnie z tendencją nieco większej jego zawartości w ziarnie pszenżyta z poletek intensywniej chronionych fungicydowo.

4.5.4. Zawartość włókna surowego

Zarówno lata badań, jak i odmiany pszenżyta ozimego nie różniły się statystycznie zawartością włókna surowego w ziarnie. Nieznacznie większą zawartość włókna (0,1%) stwierdzono w latach o największych plonach (2017 i 2019). Podobnie przedstawiał się różnica między odmianami. Odnotowano tyko 0,1% większą jego zawartość w odmianie

tradycyjnej Panteon. Natomiast poziom nawożenia azotem istotnie modyfikował udział włókna w ziarnie badanych odmian. Najwyższą wartość odnotowano na obiektach kontrolnych, bez nawożenia azotem, średnio 4,7%. Znacząco mniejszą zawartość włókna w ziarnie (o 0,3%) stwierdzono z poletek nawożonych azotem w dawce 150 kg·ha^{-1} (wg 1½ Nmin). Zastosowany retardant nie miał wpływu na zawartość włółkna w ziarnie pszenżyta.

Tabela 20. Zawartość włókna surowego (%) w suchej masie ziarna pszenżyta ozimego

Rok badań/ intensywność ochrony	Odmiana	Dawka azotu i jej podział					Średnia
		0	wg Nmin	wg 1½ Nmin	wg 1½ Nmin + retardant	wg 1½ Nmin + retardant + biostymulator	
2016/2017	Twingo	4,7	4,4	4,3	4,3	4,3	4,4
	Panteon	4,7	4,6	4,5	4,5	4,4	4,5
2017/2018	Twingo	4,6	4,3	4,3	4,3	4,2	4,3
	Panteon	4,6	4,5	4,4	4,4	4,3	4,4
2018/2019	Twingo	4,7	4,5	4,4	4,4	4,3	4,5
	Panteon	4,8	4,6	4,5	4,5	4,4	4,6
2016/2017	---	4,7	4,5	4,4	4,4	4,4	4,5
2017/2018	---	4,6	4,4	4,3	4,3	4,3	4,4
2018/2019	---	4,7	4,5	4,4	4,4	4,4	4,5
---	Twingo	4,6	4,4	4,3	4,3	4,3	4,4
---	Panteon	4,7	4,5	4,4	4,4	4,4	4,5
zaprawa		4,7	4,3	4,3	4,3	4,4	4,4
zaprawa + 1 zabieg		4,8	4,5	4,3	4,3	4,3	4,4
zaprawa + 2 zabiegi		4,6	4,6	4,5	4,6	4,3	4,5
Średnio		4,7	4,5	4,4	4,4	4,3	-
NIR ($_{\alpha=0,05}$) dla:poziomu naw. azotem – 0,26; pozostałe interakcje – r.n.							

Natomiast aplikacja biostyulatora wywarła nieznaczny wpływ na zawartość tego składnika, obniżając wartość tej cechy o 0,1%. Poziom intensywności ochrony przeciwgrzybowej tylko nieznacznie obniżył zawartość włółkna w ziarnie pszenżyta ozimego.

4.5.5. Zawartość popiołu

Lata badań nie różnicowały istotnie zawartości popiołu w ziarnie pszenżyta ozimego. Tylko nieznacznie wyższą wartość (o 0,1%) stwierdzono w ziarnie pozskanym w 2019 roku.

Zawartość popiołu w ziarnie pszenżyta ozimego była zróżnicowana tylko poziomem nawożenia azotem. Ziarno z poletek kontrolnych charakteryzowało się najwyższą zawartością tego składnika. Istotnie niższą zawartość popiołu otrzymano nawożąc pszenżyto azotem w dawce 100 kg·ha^{-1}.

Tabela 21. Zawartość popiołu w ziarnie pszenżyta ozimego (%)

Rok badań/ intensywność ochrony	Odmiana	Dawka azotu i jej podział					Średnia
		0	wg Nmin	wg 1½ Nmin	wg 1½ Nmin + retardant	wg 1½ Nmin + retardant. + biostymulator	
2016/2017	Twingo	2,0	1,8	1,4	1,5	1,4	1,6
	Panteon	1,9	1,9	1,5	1,6	1,4	1,7
2017/2018	Twingo	1,9	1,8	1,4	1,4	1,3	1,5
	Panteon	1,8	1,8	1,5	1,5	1,4	1,6
2018/2019	Twingo	2,0	1,8	1,5	1,5	1,4	1,6
	Panteon	1,9	1,9	1,5	1,6	1,4	1,7
2016/2017	---	1,9	1,8	1,5	1,5	1,4	1,6
2017/2018	---	1,8	1,8	1,4	1,5	1,3	1,6
2018/2019	---	1,9	1,9	1,5	1,5	1,4	1,7
---	Twingo	1,9	1,8	1,4	1,5	1,4	1,6
---	Panteon	1,9	1,8	1,5	1,5	1,4	1,6
zaprawa		2,0	1,8	1,5	1,5	1,4	1,6
zaprawa + 1 zabieg		1,9	1,8	1,5	1,5	1,4	1,6
zaprawa + 2 zabiegi		1,9	1,9	1,5	1,6	1,4	1,6
Średnio		1,9	1,8	1,5	1,5	1,4	-
NIR ($_{\alpha=0,05}$) dla: poziomu naw. azotem – 0,27; pozostałe interakcje – r.n.							

4.5.6. Zawartość makroelementów

Lata badań oraz zastosowane w doświadczeniu poziomy nawożenia azotem istotnie różnicowały zawartości fosforu w ziarnie pszenżyta ozimego (tab. 22). Ziarno z pierwszego i trzeciego roku badań pod tym względem nie różniły się istotnie. Największą koncentrację fosforu odnotowano w ziarnie zebranym w 2019 roku. Zawartość forsforu w był niższa o 2,7% w pierwszym roku i 7,0% w drugim roku badań.

Tabela 22. Zawartość fosforu w ziarnie pszenżyta ozimego (g·kg s.m.)

Rok badań/ intensywność ochrony	Odmiana	Dawka azotu i jej podział					Średnia
		0	wg Nmin	wg 1½ Nmin	wg 1½ Nmin + retardant	wg 1½ Nmin + retardant + biostymulator	
2016/2017	Twingo	4,17	4,19	4,29	4,31	4,36	4,26
	Panteon	4,26	4,32	4,34	4,34	4,44	4,34
2017/2018	Twingo	3,98	4,00	4,09	4,11	4,16	4,07
	Panteon	4,06	4,12	4,14	4,14	4,24	4,14
2018/2019	Twingo	4,28	4,31	4,40	4,42	4,47	4,38
	Panteon	4,37	4,44	4,46	4,45	4,56	4,46
2016/2017	---	4,21	4,26	4,31	4,32	4,40	4,30
2017/2018	---	4,02	4,06	4,12	4,13	4,20	4,11
2018/2019	---	4,33	4,37	4,43	4,44	4,52	4,42
---	Twingo	4,15	4,17	4,26	4,28	4,33	4,24
---	Panteon	4,23	4,29	4,31	4,31	4,41	4,31
zaprawa		4,21	4,25	4,33	4,33	4,40	4,30
zaprawa + 1 zabieg		4,21	4,25	4,31	4,31	4,41	4,30
zaprawa + 2 zabiegi		4,14	4,20	4,22	4,24	4,30	4,22
Średnio		4,19	4,23	4,29	4,30	4,37	-
NIR ($_{\alpha=0,05}$) dla: lat – 0,21; poziom naw. azotem – 0,13; pozostałe interakcje – r.n.							

Biorąc pod uwagę nawożenie azotem należy stwierdzić, że najwięcej fosforu zawierało ziarno pszenżyta ozimego zebrane z obiektu z najwyższym poziomem nawożenia azotem (150 kg·ha^{-1}; wg 1½ Nmin + retardant + biostymulator). Należy zaznaczyć, że dopiero w ostatniej kombinacji nawozowej odnotowano istotną różnicę w zawartości fosforu w ziarnie. Poziom ochrony fungicydowej nie miał istotnego wpływu na zawertość tego makroskładnika, jednak z tendencją niższej zawartości na obiektach chronionych zabiegami nalistnymi.

Tabela 23. Zawartość potasu w ziarnie pszenżyta ozimego (g·kg s.m.)

Rok badań/ intensywność ochrony	Odmiana	Dawka azotu i jej podział					Średnia
		0	wg Nmin	wg 1½ Nmin	wg 1½ Nmin + retardant	wg 1½ Nmin + retardant + biostymulator	
2016/2017	Twingo	4,7	4,6	4,9	5,0	5,0	4,8
	Panteon	5,1	4,7	5,1	5,0	5,1	5,0
2017/2018	Twingo	4,5	4,4	4,6	4,8	4,8	4,6
	Panteon	4,9	4,5	4,9	4,8	4,9	4,8
2018/2019	Twingo	4,8	4,7	4,9	5,1	5,1	4,9
	Panteon	5,2	4,7	5,2	5,0	5,2	5,1
2016/2017	---	4,93	4,64	4,98	4,99	5,06	4,92
2017/2018	---	4,72	4,44	4,77	4,78	4,84	4,71
2018/2019	---	4,99	4,70	5,04	5,06	5,13	4,98
---	Twingo	4,70	4,55	4,81	4,95	4,97	4,79
---	Panteon	5,06	4,64	5,05	4,93	5,05	4,95
zaprawa		4,54	4,68	5,03	5,27	4,66	4,83
zaprawa + 1 zabieg		5,13	4,55	4,84	4,76	5,00	4,86
zaprawa + 2 zabiegi		4,97	4,55	4,92	4,81	5,36	4,92
Średnio		4,88	4,59	4,93	4,94	5,01	-
NIR ($_{\alpha=0,05}$) dla: lat – 0,26; odmian – 0,14; pozostałe interakcje – r.n.							

Anlizując zawartość potasu w ziarnie pszenżyta ozimego należy stwierdzić, że kształtował się na poziomie średnim (tab. 23). Najwyższą zawartość tego makroskładnika stwierdzono ostatnim roku badań, był to rok, w którym zebrano nawiększy plon ziarna pszenżyta. Istotnie niższą koncentrację potasu odnotowono w ziarnie ze zbiorów w 2018 roku (o 5,4%). Zawartość potasu była większa w ziarnie odmiany Panteon o 0,16 g (3,2%) i była to wartość istotna. Poziom ochrony przeciwgrzybowej nie różnicował istotnie zawartości potasu w ziarnia. Stwierdzono tylko tendencę wyższej jego zawartości w ziarnie zebranym z poletek chronionych intensywniej.

Zawartość wapnia w ziarnie badanych odmian pszenżyta ozimego należy określić jako niską (tab. 24). Lata badań nie wpływały istotnie na zawartość tego składnika w ziarnie pszenżyta ozimego. Średnia jego zawartość w ziarnie odmiany Twingo wynosiła 0,575 g·kg^{-1} s.m., u odmiany Panteon, niewiele mniej – 0,555 g·kg^{-1} s.m. Nawożenie azotem znacząco

różnicowało zawartość wapnia w ziarnie pszenżyta ozimego. Istotnie większą zawartość tego składnika odnotowano w ziarnie zebranym z poletek nawożonych dawką 150 kg·ha^{-1} (wg 1½ Nmin). Aplikacja retardantu i biostymulatora wzrostu nie wpływały istotnie na zawartość Ca w ziarnie pszenżyta. Poziom ochrony przeciwgrzybowej wpłynął znacząco na zawartość wapania w ziarnie pszenżyta. Najwyższą koncentrację tego składnika stwierdzono w ziarie zebranym z poletek chronionych tylko zaprawą. Istotnie niższą wartość wapnia odotowano w ziarnie z poletek z pełną ochroną.

Tabela 24. Zawartość Ca w ziarnie pszenżyta ozimego (g·kg s.m.)

Rok badań/ intensywność ochrony	Odmiana	Dawka azotu i jej podział					Średnia
		0	wg Nmin	wg 1½ Nmin	wg 1½ Nmin + retardant	wg 1½ Nmin + retardant + biostymulator	
2016/2017	Twingo	0,495	0,566	0,582	0,611	0,631	0,577
	Panteon	0,541	0,520	0,583	0,566	0,575	0,557
2017/2018	Twingo	0,484	0,553	0,568	0,598	0,617	0,564
	Panteon	0,529	0,509	0,569	0,553	0,562	0,544
2018/2019	Twingo	0,500	0,572	0,588	0,618	0,638	0,583
	Panteon	0,547	0,526	0,589	0,573	0,581	0,563
2016/2017	---	0,518	0,543	0,582	0,589	0,603	0,567
2017/2018	---	0,506	0,531	0,569	0,575	0,589	0,554
2018/2019	---	0,523	0,549	0,588	0,595	0,609	0,573
---	Twingo	0,493	0,564	0,579	0,609	0,629	0,575
---	Panteon	0,539	0,518	0,580	0,564	0,572	0,555
zaprawa		0,610	0,475	0,615	0,578	0,652	0,586
zaprawa + 1 zabieg		0,462	0,578	0,520	0,611	0,688	0,572
zaprawa + 2 zabiegi		0,475	0,571	0,604	0,571	0,462	0,537
Średnio		0,516	0,541	0,580	0,586	0,601	-
NIR ($_{\alpha=0,05}$) dla: poziomu naw. azotem – 0,053; intensywności ochr. przed chorobami – 0,041; pozostałe interakcje – r.n.							

Zawartoś magnezu w ziarnie pszenżyta ozimego była na poziomie średnim (tab. 25). Analiza wariancji nie wykazała statystycznie udowodnionego wpływu badanych czynników na wartość omawianej cechy jakościowej ziarna pszenżyta ozimego. Zauwżono jednak tendencję wyższej koncentracji magnezu w latach o największych poziomach plonów oraz obiektach z chronionych tylko zaprawą nasienną. Różnice w zawartości magnezu między odmianami były praktycznie niezauważalne, ze wskazaniem na odmianę Panteon. Wystąpił wzrost zawartości magnezu w ziarnie pszenżyta ozimego pod wpływem nawożenia azotem ale był on nieistotny i można rozpatrywać go tylko w kategorii tendencji.

Tabela 25. Zawartość Mg w ziarnie pszenżyta ozimego (g·kg s.m.)

Rok badań/ intensywność ochrony	Odmiana	Dawka azotu i jej podział					Średnia
		0	wg Nmin	wg 1½ Nmin	wg 1½ Nmin + retardant	wg 1½ Nmin + retardant + biostymulator	
2016/2017	Twingo	1,26	1,34	1,33	1,38	1,40	1,34
	Panteon	1,31	1,35	1,35	1,37	1,38	1,35
2017/2018	Twingo	1,20	1,28	1,27	1,32	1,34	1,28
	Panteon	1,26	1,29	1,30	1,32	1,32	1,30
2018/2019	Twingo	1,27	1,36	1,35	1,40	1,42	1,36
	Panteon	1,33	1,36	1,37	1,39	1,40	1,37
2016/2017	Twingo	1,26	1,34	1,33	1,38	1,40	1,34
2016/2017	---	1,38	1,34	1,34	1,38	1,39	1,35
2017/2018	---	1,32	1,29	1,28	1,32	1,33	1,29
2018/2019	---	1,39	1,36	1,36	1,39	1,41	1,36
---	Twingo	1,24	1,33	1,32	1,36	1,38	1,33
---	Panteon	1,30	1,33	1,34	1,36	1,36	1,34
zaprawa		1,35	1,34	1,39	1,35	1,38	1,35
zaprawa + 1 zabieg		1,44	1,29	1,32	1,44	1,40	1,34
zaprawa + 2 zabiegi		1,30	1,37	1,29	1,30	1,34	1,31
Średnio		1,27	1,33	1,33	1,36	1,37	-

4.5.7. Zawartość mikroelementów

Koncentracja miedzi w ziarnie pszenżyta ozimego nie różniła się istotnie w latach badań (tab. 26). Najmniej miedzi zawierało ziarno ze zbiorów w drugim sezonie wegetacji. Rok ten chrakteryzował się najmniejszymi plonami pszenżyta ozimego. Czynnik odmianowy nie miał znaczącego wpywu na zawartość miedzi w ziarnie pszenżyta. Jednak można wskazać wyższą o 1,2% zawartość miedzi w ziarnie odmiany Twingo. Nawożenie azotem znacząco wpływało na ilość miedzi w ziarnie pszenżyta. Pierwszy poziom nawożenia azotem w ilości 100 kg·ha^{-1} (wg Nmin) skutkowało istotnym wzrostem koncentracji miedzi w ziarnie. Kolejna dawka (150 kg·ha^{-1}, wg ½ Nmin) również znacząco podwyższyła zawartość miedzi w ziarnie. Natomiast aplikacja regulatora wzrostu nie miała żadnego wpływu na ilość miedzi w ziarnie. Dopiero zastosowanie biostymulatora wzrostu istotnie podniosło ilość miedzie w ziarnie pszenżyta ozimego.

Tabela 26. Zawartość Cu w ziarnie pszenżyta ozimego (mg·kg s.m.)

Rok badań/ intensywność ochrony	Odmiana	Dawka azotu i jej podział					Średnia
		0	wg Nmin	wg 1½ Nmin	wg 1½ Nmin + retardant	wg 1½ Nmin + retardant + biostymulator	
2016/2017	Twingo	3,14	3,28	3,34	3,34	3,61	3,34
	Panteon	3,14	3,24	3,31	3,31	3,54	3,31
2017/2018	Twingo	3,08	3,20	3,27	3,27	3,53	3,27
	Panteon	3,08	3,17	3,24	3,24	3,46	3,24
2018/2019	Twingo	3,17	3,30	3,37	3,37	3,63	3,37
	Panteon	3,17	3,27	3,33	3,33	3,55	3,33
2016/2017	---	3,14	3,26	3,32	3,32	3,57	3,32
2017/2018	---	3,08	3,19	3,25	3,25	3,50	3,25
2018/2019	---	3,17	3,28	3,35	3,35	3,59	3,35
---	Twingo	3,13	3,26	3,33	3,33	3,59	3,33
---	Panteon	3,13	3,23	3,29	3,29	3,52	3,29
zaprawa		3,16	3,51	3,51	3,51	3,70	3,48
zaprawa + 1 zabieg		3,01	3,06	3,11	3,31	3,45	3,19
zaprawa + 2 zabiegi		3,21	3,16	3,31	3,11	3,51	3,26
Średnio		3,13	3,24	3,31	3,31	3,55	-
NIR ($_{\alpha=0,05}$) dla: poziomu naw. azotem – 0,05; intensywności ochr. przed chorobami – 0,09; pozostałe interakcje – r.n.							

Rozpatrując zawartość żelaza w ziarnie pszenżyta ozimego, wszystkie czynniki badań istotnie wpływały na ilość tego mikroskładnika w ziarnie. Pierwszy i trzeci rok badań nie różnił się zwrtośćią żelaza w ziarnie. Natomiast drugi rok, o najmniejszym plonie charakteryzował się wyraźnie niższą ilości Fe w ziarnie. Także cechy genetyczne pszenżyta determnowały zawrtość żelaza w ziarnie pszenżyta. Ilość tego mikroskładnika w ziarnie odminy Panteon była wyższa o 2,2%, co stanowiło istotną różnicę.

Tabela 27. Zawartość Fe w ziarnie pszenżyta ozimego (mg·kg s.m.)

Rok badań/ intensywność ochrony	Odmiana	Dawka azotu i jej podział					Średnia
		0	wg Nmin	wg 1½ Nmin	wg 1½ Nmin + retardant	wg 1½ Nmin + ret. + biostym.	
2016/2017	Twingo	34,70	37,28	41,42	42,87	43,60	39,98
	Panteon	35,86	37,45	41,65	43,67	45,75	40,88
2017/2018	Twingo	33,96	36,48	40,53	41,95	42,66	39,11
	Panteon	35,09	36,64	40,75	42,73	44,77	40,00
2018/2019	Twingo	34,95	37,55	41,71	43,18	43,91	40,26
	Panteon	36,12	37,72	41,95	43,85	46,08	41,14
2016/2017	---	35,28	37,37	41,53	43,27	44,68	40,43
2017/2018	---	34,52	36,56	40,64	42,34	43,71	39,56
2018/2019	---	35,53	37,63	41,83	43,51	45,00	40,70
---	Twingo	34,54	37,10	41,22	42,67	43,39	39,78
---	Panteon	35,69	37,27	41,45	43,42	45,53	40,67
zaprawa		34,62	36,69	42,12	42,72	45,14	40,26
zaprawa + 1 zabieg		35,21	36,64	41,14	43,25	43,51	39,95
zaprawa + 2 zabiegi		35,51	38,22	40,74	43,16	44,74	40,48
Średnio		35,11	37,19	41,33	43,04	44,46	-
NIR ($_{\alpha=0,05}$) dla: lat – 0,24; odmian – 0,19; poziom naw. azotem – 0,30; intensywności ochr. przed chorobami – 0,23; pozostałe interakcje – r.n.							

Zawartość żelaza w ziarnie pszenżyta była determinowane również poziomem nawożenia azotem. Już aplikacja najniższej w doświadczeniu dawki azotu (100 k·gha^{-1}, wg Nmin) wpływało znacząco na koncentracę żelaza w ziarnie pszenżyta. Kolejne dawki azotu również istotnie zwiększały ilość Fe w ziarnie. Szczególnie wysoka zawartość żelaza została odnotowana w ziarnie zebranym z poletek nawożonych azotem w dawce 150 kg·ha^{-1} (wg ½ Nmin z aplikacją retardanta i bioregulatora wzrostu). Różnica w ilości żelaza w ziarnie między tym obiektem a kontrolnym wynosiła aż 26,6%.

Tabela 28. Zawartość Mn w ziarnie pszenżyta ozimego (mg·kg s.m.)

Rok badań/ intensywność ochrony	Odmiana	Dawka azotu i jej podział					Średnia
		0	wg Nmin	wg 1½ Nmin	wg 1½ Nmin + retardant	wg 1½ Nmin + ret. + biostym.	
2016/2017	Twingo	22,8	23,2	23,0	23,5	25,3	23,6
	Panteon	22,9	23,3	23,2	23,8	25,4	23,7
2017/2018	Twingo	22,3	22,7	22,5	23,0	24,7	23,1
	Panteon	22,4	22,8	22,7	23,3	24,9	23,2
2018/2019	Twingo	23,0	23,4	23,2	23,7	25,5	23,8
	Panteon	23,1	23,5	23,4	24,0	25,6	24,0
2016/2017	---	22,9	23,2	23,1	23,7	25,4	23,7
2017/2018	---	22,4	22,7	22,6	23,1	24,8	23,1
2018/2019	---	23,1	23,5	23,3	23,9	25,6	23,9
---	Twingo	22,7	23,1	22,9	23,4	25,2	23,5
---	Panteon	22,8	23,2	23,1	23,7	25,3	23,6
zaprawa		22,9	23,0	22,9	23,4	24,7	23,4
zaprawa + 1 zabieg		22,7	23,2	23,1	23,4	24,6	23,4
zaprawa + 2 zabiegi		22,8	23,3	23,1	23,8	26,4	23,9
Średnio		22,8	23,1	23,0	23,6	25,2	-
NIR ($_{\alpha=0,05}$) dla: lat – 0,33; poziom naw. azotem – 0,27; intensywności ochr. przed chorobami – 0,15; pozostałe interakcje – r.n.							

Zawartość manganu w ziarnie pszenżyta ozimego była silnie determinowana warunkami pogodowymi, nawożeniem azotem i poziomem intensywności ochrony fungicydowej (tab. 28). Czynnik odmianowy nie miał istotnego wpływu na zawartość manganu w ziarnie pszenżyta. Najwyższą koncentrację manganu ziarnie stwierdzono w trzecim roku badań. Rok pierwszy był pod tym względem gorszy o 0,8%, drugi zaś o 3,3%. Istotnie więcej w stosunku do poletk kontrolnych odnotowno manganu w ziarnie zebranym po zastosowaniu 100 kg·ha^{-1} (nawożenie azotem wg Nmin). Wzrost dawki nawożenia azotem nie różnicowało ilości manganu w ziarnie. Dopiero zastosowanie retardantu wzrostu spowodowło wyższą koncentrację tego mikroskładnika w ziarnie pszenżyta ozimego. Szczególnie wysoką zawartość manganu odnotowano w ziarnie pszenżyta ozimego zebranego z poletek z aplikacją biostymulatora wzrostu.

Również w przypadku zawartości cynku w ziarnie pszenżyta ozimego lata badań deterinowały jego zawartość (tab. 29). Trzeci rok okazała się najorzystniejszy pod względem koncentracji tego mikroskładnika w ziarnie ale nie różniący się istonie od pierwszego roku badań. Jeśli chodzi o czynnik odmianowy, nie odnotowano istotnych różnic między badanymi odmianami. Jednak nieco wyższą zwartość cynku stwierdzono w ziarnie odmiany Panteon.

Istotnie wyższą zawartośćcynku w ziarnie pszenżyta ozimego w stosunku do poletek kontrolnych odnotowano nawożąc rośliny trzecią kombinacją nawozową, tzn. 150 kg·ha^{-1} (wg ½ Nmin).

Tabela 29. Zawartość Zn w ziarnie pszenżyta ozimego (mg·kg s.m.)

Rok badań/ intensywność ochrony	Odmiana	Dawka azotu i jej podział					Średnia
		0	wg Nmin	wg 1½ Nmin	wg 1½ Nmin + retardant	wg 1½ Nmin + ret. + biostym.	
2016/2017	Twingo	22,86	23,12	23,29	23,59	24,02	23,38
	Panteon	22,93	23,22	23,36	23,72	24,25	23,50
2017/2018	Twingo	22,37	22,63	22,79	23,08	23,50	22,87
	Panteon	22,43	22,72	22,85	23,21	23,73	22,99
2018/2019	Twingo	23,08	23,35	23,51	23,81	24,25	23,60
	Panteon	23,15	23,45	23,58	23,95	24,43	23,71
2016/2017	---	22,89	23,17	23,32	23,65	24,13	23,44
2017/2018	---	22,40	22,67	22,82	23,14	23,61	22,93
2018/2019	---	23,11	23,40	23,55	23,88	24,34	23,66
---	Twingo	22,77	23,03	23,20	23,49	23,92	23,28
---	Panteon	22,83	23,13	23,26	23,63	24,14	23,40
zaprawa		22,74	22,93	23,18	23,48	24,02	23,27
zaprawa + 1 zabieg		22,88	23,08	23,23	23,53	23,95	23,33
zaprawa + 2 zabiegi		22,79	23,23	23,28	23,68	24,12	23,42
Średnio		22,80	23,08	23,23	23,56	24,03	-
NIR ($_{\alpha=0,05}$) dla: lat – 0,28; poziom naw. azotem – 0,34; intensywności ochr. przed chorobami – 0,15; pozostałe interakcje – r.n.							

Aplikacja regulatora wzrostu na poletkach o wysokim poziomie nawożenia azotem (150 kg·ha^{-1}) wprawdzie podniosła zwartość cynku w ziarnie pszenżyta ozimego, nie była to jednak istotna różnica. Najwyższą koncentrację tego mikroskłanika stwierdzono w ziarnie pszenżyta, gdzie aplikowno bioregulator wzrostu. Zarówno w przypadku manganu, jak i cynku odnotowane wysokie zawartości tych mikroskładników były wynikiem ich udziału w skłdzie biostymulatora Agro Soprb Folium.

4.6. Ocena efektywności produkcji ziarna pszenżyta oziemgo

4.6.1. Energetyczna ocena produkcji pszenżyta ozimego

W doświadczeniu na polach własnych całkowite nakłady energetyczne poniesione na integrowaną technologię produkcji pszenżyta ozimego wyniosły średnio 16,27 GJ·ha^{-1} (tab.

30). Zdecydowanie wyższe (o 31,47%) średnie nakłady na produkcję pszenżyta zostały poniesione w technologii wysokonakładowej (21,39 GJ·ha^{-1}) z kombinacją najwyższego poziomu nawożenia azotem, pełnej (trzy stopniowej) ochronie fungicydowej oraz aplikacji retardanta i biostymulatora wzrostu.

Tabela 30. Struktura i nakłady energii skumulowanej poniesione w procesie produkcji pszenżyta ozimego (według operacji agrotechnicznych)

Operacja agrotechniczna	Intensywność technolgii							
	integrowana				wysokonakładowa			
	Twingo		Panteon		Twingo		Panteon	
	(MJ·ha^{-1})	(%)	(MJ·ha^{-1})	(%)	(MJ·ha^{-1})	(%)	(MJ·ha^{-1})	(%)
uprawa roli	1281	7,9	1281	7,8	1281	6,0	1281	6,0
siew i materiał siewny	3401	21,0	3621	22,1	3401	16,0	3621	16,8
nwożenie mineralne, w tym:	10550	65,3	10550	64,4	14859	69,8	14859	69,1
azotowe	2389	14,8	2389	14,6	2389	11,2	2310	10,7
reg. zachwaszczenia	257	1,6	257	1,6	257	1,2	257	1,2
regulator wzrostu	0	0,0	0	0,0	300	1,4	300	1,4
chemiczna ochrona	61	0,4	61	0,4	583	2,7	583	2,7
zbiór	610	3,8	610	3,7	610	2,9	610	2,8
suma	**16159**		**16379**		**21290**		**21509**	100,0

Najbardziej energochłonną operacją produkcyjną było nawożenie mineralne, pochłaniając od 64,4 do 69,8% energii całkowitej wydatkowanej na produkcję pszenżyta ozimego. Spośród pozostałych zabiegów agrotechnicznych drugą pozycję w kształtowaniu energochłonności uprawy pszenżyta ozimego zajmowały, niezależnie od wariantu technologii, siew i materiał siewny (od 16,0% do 22,1%) oraz przedsiewna uprawa roli (od 6,0 do 7,9%). Dalszą pozycję stanowił zbiór z udziałem od 2,8 do 3,8%. Fungicydowa ochrona łanów w technologiach z zaprawą i dwoma zabiegami nalistnymi zajmowała 2,7%. Zabiegi ograniczające występowanie chwastów były niskoenergochłonne (od 1,2 do 1,6%). Natomiast aplikacja regulatora wzrostu i biostymulatora wystąpiła tylko w wysokonakładowej technologii produkcji i wynosiła 1,4%.

Analizując strukturę nakładów energii skumulowanej wg strumieni energii stwierdzono, że największy udział stanowiły materiały od 83,5 do 84,7% (tab. 31). O tak wysokim udziale tego strumienia energii zadecydowały przede wszystkim nakłady poniesione na nawozy mineralne i materiał siewny. Poza materiałami również znaczącą pozycję w strukturze nakładów zajęły nośniki energii (9,3-10,2%). Strumień środków technicznych w strukturze nakładów energii stanowił od 3,7 do 4,0%. Najmniejszy udział miała energia

wydatkowana na pracę ludzką (średnio dla odmian i poziomu intensywności technologii 2,3%).

Tabela 31. Struktura i nakłady energii skumulowanej poniesione w procesie produkcji 1 ha pszenżyta ozimego, według strumieni energii

Strumień energii	Intensywność technolgii							
	integrowana				wysokonakładowa			
	Twingo		Panteon		Twingo		Panteon	
	(MJ·ha^{-1})	(%)	(MJ·ha^{-1})	(%)	(MJ·ha^{-1})	(%)	(MJ·ha^{-1})	(%)
praca ludzka	364	2,3	364	2,2	487	2,3	487	2,3
środki techniczne	643	4,0	643	3,9	806	3,8	806	3,7
nośniki energii	1653	10,2	1653	10,1	2008	9,4	2008	9,3
materiały, w tym:	13499	83,5	13719	83,8	17989	84,5	18208	84,7
- ziarno siewne	3203	23,7	3422	24,9	3203	17,8	3422	18,8
- nawozy min., w tym:	10120	75,0	10120	73,8	14349	79,8	14349	78,8
- azotowe	2310	17,1	2310	16,8	2310	12,8	2310	12,7
- herbicydy	116	0,9	116	0,8	116	0,6	116	0,6
- regulator wzrostu	0	0,0	0	0,0	18,6	0,1	18,6	0,1
- fungicydy	61	0,4	61	0,4	302	1,7	583	3,2
suma	**16159**		**16379**		**21290**		**21509**	

Zarówno wartość energetyczna plonu, jak i największy zysk energii skumulowanej w produkcji pszenżyta ozimego odnotowano prowadząc łan odmiany Panteon w technologii wysokonakładowej, odpowiednio 143,0 i 121,5 GJ·ha^{-1} (tab. 32). Porównują intensywność technologii produkcji odmiany Twingo, zysk energii skumulowanej był o 24,99% wyższy niż w technologii integrowanej. Natomiast u odmiany Panteon powyższy wskaźnik był również wyższy w technologii wysokonakładowej, a różnica wynosiła 25,73%. Większą energochłonność jednostkową produkcji pszenżyta ozimego, niezależnie od odmiany pszenżyta ozimego, odnotowano w technologii integrowanej. Wskaźnikiem umożliwiającym pełne porównanie badanych technologii produkcji oraz ich efektów jest wskaźnik efektywności energetycznej.

Tabela 32. Wskaźniki oceny energetycznej porównywanych technologii produkcji pszenżyta ozimego, zróżnicowanych pod względem poniesionych nakładów

Wskaźnik	Intensywność technolgii			
	integrowana		wysokonakładowa	
	Twingo	Panteon	Twingo	Panteon
nakłady energii (MJ·ha^{-1})	16159	16379	21290	21509
wartość energetyczna plonu (MJ·ha^{-1})	99360	113040	125280	143040
zysk energii (MJ·ha^{-1})	83201	96661	103990	121531
energochłonność jednostkowa (MJ·t^{-1})	390	348	408	361
wskaźnik efektywności energetycznej	6,15	6,90	5,88	6,65

O wysokości wskaźnika efektywności energetycznej w największej mierze decyduje poziom plonów oraz wysokość nakładów energetycznych poniesionych na jego wytworzenie. W doświadczeniu otrzymano średnie wartości wskaźnika efektywności energetycznej. Zwiększenie dawki azotu o 60 kg·ha^{-1}, zastosowanie siarczanu magnezu, dodatkowe dwa zabiegi fungicydowe oraz aplikacja retardanta i biostymulatora pozwoliła na osiągnięcie najwyższych plonów. Jednak obniżyło to sprawność energetyczną produkcji. Obie badane odmiany pszenżyta ozimego charakteryzowały się wyższą sprawnością energetyczną w technologiach integrowanych. W badaniach własnych wzrost intensywności technologii spowodował obniżenie efektywności energetycznej o 4,39% u odmiany Twingo i 3,76% u odmiany Panteon.

4.6.2. Ekonomiczna ocena produkcji pszenżyta ozimego

Analizując strukturę kosztów poniesionych na produkcję pszenżyta ozimego jednoznacznie stwierdzono, iż nawożenie mineralne stanowiło najwyższy udział w porównywanych technologiach, którego udział wynosił od 61,31 do 61,94% kosztów ogółem (tab. 33). Koszty pracy ciągników i maszyn stanowiły drugą w kolejności najdroższą pozycję kosztów i zajmowały od 15,71% w technologii wysokonakładowej do 20,68% w technologii integrowanej. Koszty poniesione na zakup materiału siewnego miały również znaczącą pozycję w kosztach ogółem. W doświadczeniu został użyty kwalifikowany materiał siewny w stopniu C1, a więc bardzo drogi. Wykorzystując materiał siewny pszenżyta z własnego gospodarstwa, możliwe jest obniżenie tej pozycji kosztowej o ponad 66%. W technologii wysokonakładowej znaczący udział miały środki chemiczne (12,48%). Natomiast w technologii integrowanej tylko 5,38%.

W warunkach prowadzonego doświadczenia polowego w gospodarstwie własnym poziom plonów pszenżyta ozimego kształtował się na poziomie średnim i wysokim. W zależności od intensywności technologii produkcji i odmiany pszenżyta plon wynosił od 4,14 do 5,96 t·ha^{-1}. W 2021 roku pszenżyto średnio w Polsce plonowało na poziomie 4,25 t·ha^{-1}. W województwie warmińsko-mazurskim na niemal identycznym poziomie – 4,24 t·ha^{-1} (GUS 2022). Obie odmiany zareagowały wyższym plonem ziarna w technologiach wysokonakładowych, Twingo o 26,09%, Panteon 26,54%. Technologia o wyższej intensywności wymagała jednocześnie wyższych aż o 45,30% kosztów bezpośrednich. Mimo znacznie wyższych poniesionych kosztów, technologia wysokonakładowa zapewniła wyższą wartość nadwyżki bezpośredniej (u odmiany Twingo o 6,67%, u odmiany Panteon 11,69%). Również uwzględniając koszty pośrednie dochód z działalności bez dopłat był wyższy w

stosunku do technologii integrowanej o 7,64% przy produkcji odmiany Twingo oraz o 13,74% u odmiany Panteon.

Tabela 33. Zestawienie kosztów produkcji pszeżyta ozimego

L.p.	Wyszczególnienie	Jedn.	Cena	Intensywność technologii					
				integrowana			wysokonakładowa		
				ilość	wartość	udział (%)	ilość	wartość	udział (%)
1.	Materiał siewny	(zł·dt^{-1})	220	1,75	385	12,63	1,87	411	9,88
2.	Nawozy mineralne								
a	azotowe	(zł·kg^{-1})	10	110	1100,0	36,10	160	1600,0	38,41
b	fosforowe	(zł·kg^{-1})	4,16	80	332,8	10,92	80	332,8	7,99
c	potasowe	(zł·kg^{-1})	3,35	130	435,5	14,29	130	435,5	10,45
d	siarczan magnezu	(zł·kg^{-1})	2,65	0	0	0,0	80	212,0	5,09
2.	Koszt nawozów min.	(zł·kg^{-1})	-	-	1868,3	61,31	-	2580,3	61,94
3.	Środki chemiczne								
a	reg. zachwaszczenia	(zł·l^{-1})	164	1	164	5,38	1,0	164	4,15
b	ochrona fungicydowa	(zł·l^{-1})	140	0	0	0	1,5	210,0	5,04
c	regulator wzrostu	(zł·l^{-1})	106	0	0	0	1,0	106,0	2,54
d	biostymulator	(zł·l^{-1})	40	0	0	0	1	40,0	0,96
3.	Koszt środków chem.	-	-	-	164,0	5,38	-	520,0	12,48
	Koszty bezpośrednie	-	-	-	2417,3	79,32	-	3511,7	84,29
4.	Koszty pracy ciągników i maszyn								
a	naowżenie P i K	(h)	141,0	0,2	28,2	0,93	0,2	28,2	0,68
b	orka	(h)	291,0	0,66	192,1	6,30	0,66	192,1	4,61
c	bronowanie	(h)	117	0,32	74,9	2,46	0,32	74,9	1,80
d	nawożenie N	(h)	121,0	0,2	24,2	0,79	0,2	24,2	0,58
e	praca agregatem	(h)	138,0	0,50	69,0	2,26	0,50	69,0	1,66
f	siew	(h)	176,0	0,50	88,0	2,89	0,50	88,0	2,11
g	nawożenie N	(h)	121,0	0,2	24,2	0,79	0,2	24,2	0,58
h	reg. zachwaszczenia	(h)	86,0	0,36	31,0	1,02	0,36	31,0	0,74
i	zbiór	(h)	614,0	0,2	122,8	4,03	0,2	122,8	2,95
4.	Koszty pracy ogółem ciągników i maszyn	-	-	-	630,1	20,68	-	654	15,71

Szczególną rolę w ocenie ekonomicznej odgrywa relacja wartości produkcji do poniesionych kosztów. Relacja ta określana jest jako wskaźnik opłacalności. W przedstawionych obliczeniach zostały uwzględnione koszty pośrednie w postaci kosztów pracy ciągników i maszyn. W badaniach własnych wskaźnik opłacalności był niski (od 1,66 do 2,07) i mniej korzystny w technologiach wysokonakładowych (tab. 34). Poniesione wyższe koszty na nawożenie azotem (udział w kosztach tego makroskładnika wyniósł ponad 36%) nie zostały zrekompensowane wystarczającym przyrostem wartości produkcji. Na powyższe wyniki miał niewątpliwie fakt, iż w analizie przyjęto koszty obrotowych środków produkcji z I kwartału 2023, a więc ceny nawozów sztucznych były bardzo wysokie.

Tabela 34. Plon, koszty i wybrane wskaźniki ekonomiczne produkcji ziarna pszenżyta oziemgo

Wyszczególnienie	Jedn.	Intensywność technologii			
		integrowana		wysokonakładowa	
		Twingo	Panteon	Twingo	Panteon
Plon ziarna	($t \cdot ha^{-1}$)	4,14	4,71	5,22	5,96
Cena ziarna siewnego	($zł \cdot t^{-1}$)	1160	1160	1160	1160
Dopłaty bezpośrednie	($zł \cdot ha^{-1}$)	840	840	840	840
Wartość produkcji (bez dopłat)	($zł \cdot ha^{-1}$)	4802	5464	6055	6914
Wartość produkcji (z dopłatami)	($zł \cdot ha^{-1}$)	5642	6304	6895	7754
Koszty bezpośrednie	($zł \cdot ha^{-1}$)	2417	2417	3512	3512
Zwrot kosztów bezpośr. w plonie	(t)	2,08	2,08	3,02	3,02
Koszty pracy maszyn i urządzeń	($zł \cdot ha^{-1}$)	630	630	654	654
Koszty ogółem	($zł \cdot ha^{-1}$)	3047	3047	4166	4166
Koszt jednostkowy produkcji	($zł \cdot t^{-1}$)	74	65	80	70
Dochód z działalności bez dopłat	($zł \cdot ha^{-1}$)	1755	2416	1889	2748
Dochód z działaloości z dopłatami	($zł \cdot ha^{-1}$)	2595	3256	2729	3588
Nadwyżka bezpośrednia	($zł \cdot ha^{-1}$)	2385	3046	2544	3402
Wskaźnik opłacalności bez dopłat	-	1,58	1,79	1,45	1,66
Wskaźnik opłacalności z dopłatami	-	1,85	2,07	1,66	1,86

Zwrot kosztów bezpośrednich w technologii integrowanej nastąpił przy plonie jednostkowym 2,08 tony, natomiast koszt technologii wysokonakładowej był zwracany dopiero przy plonie ziarna na poziomie 3,02 tony.

7. DYSKUSJA

Rozwój chorób grzybiczych w okres wegetacji zmniejsza plon, masę tysiąca nasion, zmniejsza ilość glutenu i białka, pogarszając tym samym jakość ziarna (Tratwal i Walczak 2012, Siekaniec i wsp. 2018). Niektórzy badacze donoszą, że stosowanie fungicydów przed wystąpieniem objawów choroby jest najskuteczniejszą strategią zwalczania chorób liści (Mystkowska 2015, Fones i Gurr 2015). Jaśkiewicz (2006a) wskazuje, że pszenżyto charakteryzując się większą odpornością na choroby niż pozostałe gatunki zbóż, obniża nakłady na jego uprawę. Ze względu na wzrost powierzchni uprawy pszenżyta ozimego nastąpił spadek odporności gatunku na choroby grzybowe, szczególnie na mączniaka prawdziwego i rdzę żółtą (Hovmøller i wsp. 2015, Walker i wsp. 2011). W ostatnich latach obserwuje się również spadek odporności pszenżyta na patogeny z rodzaju *Fusarium*. Ogniska fuzariozy kłosów notowane są na coraz większych powierzchniach prawdopodobnie ze względu na zmiany klimatyczne oraz wadliwą agrotechnikę (Yi i wsp. 2018). Fuzarioza kłosów powoduje od 10 do nawet 70% utraty plonów w latach silnego porażenia (Zhang i wsp. 2011, Cheng i wsp. 2012). Ze względu na paszowe wykorzystanie pszenżyta, ważne jest utrzymanie dobrej jakości ziarna, bez szkodliwej zawartości toksyn (Pestka 2007, Zinedine i wsp. 2007). Porażone ziarno nie powinno być użytkowane konsumpcyjnie (Logrieco i wsp. 2003, Czaban i wsp. 2015). Ochrona łanów musi być jednym z najważniejszych elementów kompleksowej technologii produkcji zbóż (Szmigiel i wsp. 2006).

Wielu autorów wskazuje, że wysoka temperatura, obfite opady oraz wysoka wilgotność powietrza sprzyjają rozwojowi większości grzybów chorobotwórczych (Majchrzak i wsp. 2005, Głazek i wsp. 2006, Jaczewska-Kalicka 2008, Danyte i Pecio 2009, Kurowski i wsp. 2009, Ellmann 2011, Korbas i wsp. 2011). W badaniach Feledyn-Szewczyk i wsp. (2020) wśród 10 testowanych odmian, najniższym porażeniem odznaczała się odmiana Twingo. Zależność wystąpienia chorób grzybowych od warunków pogodowych odnotowali również w swoich badaniach Majchrzak i wsp. (2006), Panasiewicz i wsp. (2008) oraz Bielski (2015c).

Pszenżyto ozime wykazuje również wrażliwość na septoriozę liści i plew, mączniaka prawdziwego, rdzę brunatną czy fuzariozę kłosów (Brzozowski i wsp. 2000, Zamorski i Nowicki 2000, Zamorski i wsp. 2001, Wakuliński i wsp. 2005, Weber i Hryńczuk 2005, Adamiak i wsp. 2008, Filoda 2009). W badaniach Panasiewicz i wsp. (2012) i Koziary i wsp. (2015) pszenżyto zareagowało również na intensywną ochronę fungicydową poprawiając stan zdrowotny roślin.

Występowanie chorób powodowanych przez grzyby w uprawach zbóż może stanowić znaczne zagrożenie dla rozwoju roślin, a w konsekwencji wielkości plonu. Czynnikami modyfikującymi ich rozwój oraz nasilenie może być wzrost udziału zbóż w strukturze zasiewów, stosowanie uproszczeń w uprawie roli (Parylak 2004), nawożenie azotem (Panasiewicz i wsp. 2012). Wielu badaczy (Szwejkowski i Kurowski 2003, Pecio i Danyte 2008, Nieróbca 2011, Panasiewicz i wsp. 2012, Bielski 2015c) wskazuje, że nasilenie porażenia łanów warunkuje przebieg warunków pogodowych. Również wyniki badań własnych wskazują na znaczną zmienność występowania i nasilenia chorób liści i kłosów pszenżyta ozimego w zależności od przebiegu pogody w latach badań.

W badaniach własnych obie odmiany były najsilniej porażane na obiektach, na których ochrona przeciwgrzybowa ograniczała się tylko do zaprawiania ziarna siewnego. Zbieżne jest to z wynikami badań Bielskiego (2015c). Pokrycie nasion zaprawą powinno być podstawowym działaniem w kierunku ograniczenia porażenia łanów. Zaprawa nasienna ma wpływ na wzrost i rozwój roślin, szczególnie w początkowej fazie. W następstwie oddziałuje na lepszą kondycję, pozwalającą osiągnąć większe plony ziarna (Dawson i Bateman 2000, Schoeny i wsp. 2001, Sawinska i wsp. 2006).

Zdaniem Woźniaka (2002) nawożenie azotem nie wpływa istotnie na porażenie roślin. W badaniach Bielskiego (2015a) istotny wzrost porażenia roślin pszenżyta ozimego pod wpływem nawożenia azotem wystąpił tylko w jednym z trzech lat badań. Natomiast Kurowski i wsp. (2004) stwierdzili najniższe porażenie roślin pszenżyta ozimego na obiektach bez nawożenia azotem. Natomiast rośliny pszenżyta na obiektach nawożonych azotem w najwyższych dawkach były najsilniej porażone. Istotny wpływ azotu na zdrowotność roślin zaobserwowali również Kurowski i wsp. (2010) oraz Panasiewicz i wsp. (2012). Sułek i wsp. (2007) stwierdzili, że nadmiar azotu powoduje zbyt intensywny wzrost organów wegetatywnych oraz porażenie przez choroby liści i źdźbeł. Natomiast Rachoń i wsp. (2018) odnotowali istotne obniżenie wskaźników porażenia roślin pszenicy ozimej przez septoriozę, rdzę brunatną i mączniaka prawdziwego z powodu wyższego poziomu nawożenia azotem i ochroną fungicydową.

Wyniki badań własnych są potwierdzeniem wysokiej efektywności ochrony przeciwgrzybowej roślin pszenżyta ozimego. Wielu autorów opracowań naukowych (Czajka i wsp. 2000, Kurowski i Adamiak 2001, Wróbel i Jabłoński 2004, Jaczewska-Kalicka 2005, Sawinska i Małecka 2007, Sawinska i Zawada 2009, Kurowski i wsp. 2010, Panasiewicz i wsp. 2012) odnotowało istotną redukcję występowania porażenia na skutek zastosowania oprysku fungicydowego. W niektórych badaniach (Łozowicka i wsp. 2019) dodatek

biostymulatora może przyczynić się do rozwoju chorób grzybiczych powodując większe zachwaszczenie. Biostymulator oddziałuje nie tylko na rośliny uprawne ale również na chwasty powodując wzrost ich liczby, a w konsekwencji większą wilgotność sprzyjającą zagrzybieniu zbóż.

Blumeria graminis (mączniak prawdziwy) to powszechna choroba grzybicza, która atakuje wszystkie gatunki zbóż, w tym trawy (Tratwal i Walczak 2012). Również Czembor i wp. (2013) zaliczają ten patogen do ważniejszych chorób liści pszenżyta w Polsce. Cichy i Olejniczak (2010) oraz Czembor i wsp. (2013) wskazują na zwiększenie zagrożenia ze strony tego patogena oraz podkreślają, iż uprawiane w Polsce odmiany pszenżyta są podatne na populację mączniaka prawdziwego zbóż. W ocenie Walker i wsp. (2011) oraz Klocke i wsp. (2013) mączniak prawdziwy traw i zbóż jest jedną z najbardziej niszczycielskich chorób grzybowych występujących na zbożach. Natomiast zdaniem Kramka i Kociuby (2014) pszenżyto jest bardzo odporne na mączniaka prawdziwego i rdzę brunatną oraz bardzo podatne na septoriozy (*Septoria* ssp.). Troch i wsp. (2012) wykazali, że izolaty *Blumeria graminis* z pszenżyta były zjadliwe wobec większości badanych odmian pszenżyta i kilku odmian pszenicy. Czembor i wsp. (2014) określili straty w plonie ziarna pszenżyta powodowane przez mączniaka prawdziwego na 15%. Natomiast Wakuliński i wsp. (2007), Cichy i Olejniczak (2010) oraz Bobrecka-Jamro i wsp. (2010) odnotowali w swoich badaniach tylko niewielki odsetek rodów pszenżyta z wysokim poziomem porażenia mączniakiem prawdziwym. Rozprzestrzenianiu się tej choroby sprzyja wysoka wilgotność. W wyniku infekcji przez mączniaka prawdziwego spada jakość ziarna i masa 1000 ziaren (Czembor i Czembor 2005). Redukcja plonu ziarna wynikająca z porażenia roślin przez patogeny może wynosić nawet do 15–20%, a w przypadku wysokiego nasilenia infekcji może osiągnąć 50% lub więcej (Jaczewska-Kalicka 2002, Jaczewska-Kalicka 2006). Czembor i Czembor (2004, 2005) stwierdzili, że infekcja *Blumeria graminis* w uprawach jęczmienia doprowadziła do 10% zmniejszenia plonu ziarna. Czajowski i Czembor (2016) stwierdzili, że występuje różna podatność na ten patogen w zależności od gatunku, a nawet odmiany zboża.

Fusarium spp. jest najbardziej rozpowszechnioną chorobą w uprawie pszenicy i pszenżyta (Bottalico i Perrone 2002) i uznawana jest za największy problem wśród upraw zbożowych (Miedaner i wsp. 2016). Według Doohana i wsp. (2003), stopień porażenia przez *Fusarium* istotnie zależy od warunków atmosferycznych (szczególnie temperatury i wilgotności). Porażenie przez *Fusarium* skutkuje znaczną utratą plonu, a także pogorszeniem jego jakości (Champeil i wsp. 2004). W badaniach Czabana i wsp. (2011) poletka pszenicy,

gdzie zastosowano intensywną technologię produkcji były najsilniej zainfekowane. Góral i wsp. (2016, 2020) stwierdzili dużą zmienność linii pszenżyta na porażenie *Fusarium*.

Źródłem infekcji *Puccinia recondita* są często resztki pożniwne. W sprzyjających warunkach infekcja rozwija się bardzo szybko i rdza całkowicie pokrywa liście. Im wyższa temperatura i wilgotność, tym szybciej rozwija się infekcja (Wójtowicz 2012). Panasiewicz i wsp. (2010) stwierdzili silniejsze porażenie roślin przez patogen *Puccinia recondita* pod wpływem nawożenia azotem. Zmiany klimatyczne, w szczególności ocieplenie klimatu może jeszcze bardziej zwiększyć presję ze strony tej choroby, a tym samym powodować znaczne straty w plonach (Wójtowicz i wsp. 2017). W badaniach Cwaliny-Ambroziak i wsp. (2021) zastosowanie odpowiedniej dawki nawozów NPK, dolistne nawozy mikroelementowe oraz biostymulator Nano-Gro® stymulator ograniczyły nasilenie rdzy brunatnej na pszenżycie i życie.

W badaniach Oettler i Shmid (2000) stwierdzono tylko częściową odporność genetyczną pszenżyta ozimego na *Septoria tritici*. Również Solomon i wsp. (2006) zaliczają *Septoria tritici* do jednego z groźniejszych patogenów zbóż. Natomiast zdaniem Wróbla i Jabłońskiego (2004) patogen ten występuje na roślinach pszenżyta w każdym sezonie wegetacyjnym, ale w różnym nasileniu.

Pierwsze odmiany pszenżyta ozimego były bardzo wysokie (140 – 160 cm) i z tego względu podatne na wyleganie (Oettler 2005). Dlatego prace hodowlane często koncentrowały się na ograniczeniu wysokości roślin pszenżyta. W badaniach własnych porównano dwie odmiany różniące się wysokością źdźbła: krótkosłomą Twingo i tradycyjną Panteon. W badaniach Wróbla i Szemplińskiego (2006) odmiany krótkosłome (Fidelio i Woltario) charakteryzują się krótszym źdźbłem (o 19-23 cm) oraz dłuższym kłosem w porównaniu z odmianami tradycyjnymi. Z wielu badań wynika (Kociuba i Kramek 2014, Kramek i Kociuba 2017, Kramek i Kociuba 2020), że większość stanowią odmiany o wysokości roślin od 90 do 120 cm.

W badaniach Jaśkiewicz (2011) intensywność zastosowanej ochrony pszenżyta nie różnicowała istotnie obsady kłosów na $1m^2$. Natomiast w badaniach Dubisa i wsp. (2000) sposób ochrony pszenżyta powodował istotny wpływ na obsadę kłosów na 1 m^2, a pszenżyto znajdujące się na obiekcie z dwukrotną ochroną fungicydową odznaczało się najlepszą zwartością łanu. Podobne wyniki badań odnotowali Wróbel i Jabłoński (2004) oraz Adamiak i wsp. (2008). Zdaniem Podolskiej i wsp. (2002) obsadę kłosów najbardziej determinuje gęstość siewu i nawożenie azotem. Plon ziarna kształtowany jest przez obsadę kłosów, liczbę ziaren w kłosie i masę 1000 ziaren. W badaniach Samborskiego i wsp. (2005) nad pszenżytem

(odmiana Bogo i krótkosłoma Fidelio) stwierdzono, że najmniej istotną składową w kształtowaniu plonu była liczba kłosów na jednostce powierzchni. W przypadku odmiany Bogo wpływ tej składowej był niewielki, a plon ziarna odmiany Fidelio w ogóle od niej nie był uzależniony.

Analiza statystyczna wyników wykazała istotny wpływ lat badań na wysokość plonu ziarna pszenżyta ozimego. Najmniej korzystny dla plonowania pszenżyta był rok 2018. Istotnie wyżej, na zbliżonym poziomie, plonowało pszenżyto w 2017 i 2019 roku. Biberdžić i wsp. (2013) wymieniają czynnik klimatyczny jako najważniejszy bodziec wpływający na wielkość plonu ziarna pszenżyta. Mut i wsp. (2005) otrzymali najwyższy plon ziarna pszenżyta nawożąc rośliny azotem w dawce 180 kg·ha^{-1}. W badaniach Alaru i wsp. (2004) dawka azotu powyżej 60 kg·ha^{-1}, podobnie w badaniach Gibson i wsp. (2007) dawka powyżej 66 kg·ha^{-1} nie wpływała istotnie na wysokość plonu ziarna. W badaniach Małeckiej i wsp. (2004) plon ziarna pszenżyta ozimego zwiększał się istotnie w miarę wzrostu nawożenia azotem do 120 kg·ha^{-1}. Jego dalsze zwiększanie nie powodowało istotnej statystycznie zmiany w wysokości plonowania. Również w badaniach Dopki (2006) efekt działania dawki 100 i 150 kg N·ha^{-1} był zbliżony. Samborski i wsp. (2008) stwierdzili plonotwórcze działanie azotu przy wzroście dawki do 80 kg N·ha^{-1}, przy przeciętnym wzroście plonu o 21%, jak również po zastosowaniu dawki 170 kg N·ha^{-1}, co skutkowało kolejnym wzrostem o 9,2%. Sposób ochrony pszenżyta przed chorobami grzybowymi był czynnikiem, który w silnym stopniu różnicował plon. Najsłabsze działanie plonochronne uzyskano w wyniku tylko zaprawiania materiału siewnego. Istotnie wyżej plonowało pszenżyto z obiektów z zaprawą i jednym zabiegiem chemicznym.

Dubis i wsp. (2000) oraz Wróbel i Jabłoński (2004) największy plon ziarna odnotowali z obiektów z pełną ochroną fungicydową. Całkowita rezygnacja z ochrony przeciwko chorobom była przyczyną spadku plonu o 15%. W badaniach Adamiaka i wsp. (2008) stwierdzono zwyżkę plonowania wynoszącą 7-16%, w zależności od odmiany, w wyniku stosowania podwojnego zabiegu chemicznego przeciwko patogenom grzybowym. W badaniach własnych odnotowano także interakcję lat z poziomem ochrony przeciwgrzybowej. Najniższy plony ziarna zebrano w 2011 roku z poletek chronionych tylko zaprawą nasienną. Natomiast najwyższy w roku 2010 z poletek chronionych dodatkowo dwoma zabiegami fungicydowymi. W badaniach Alaru i wsp. (2009) największy wpływ na plon i jego strukturę miały lata badań, następnie odmiana oraz podział dawki nawożenia azotem. W badaniach własnych odnotowano istotne różnice w poziomie plonowania między odmiana półkarłową Twingo i tradycyjną Panteon (średnio 2,8 dt·ha^{-1}). Natomiast Samborski i wsp. (2008)

oceniając w trzyleciu badawczym 15 odmian pszżyta ozimego (11 długosłomych i 4 krótkosłome) wskazują na bardzo małe różnice w plonowaniu tych form, odpowiednio 6,46 i 6,63 t·ha^{-1}.

W badaniach własnych stwierdzono zwyżkę plonu ziarna pszenżyta po zastosowaniu retardantu. Również Maćkowiak i wsp. (2001) badając sposoby stosowania regulatorów wzrostu i fungicydów odnotowali zwyżkę plonu ziarna i największe skrócenie żdźbeł po zastosowaniu Bercemy CCC w dawce 3 l·h^{-1} i Flordimexu T w ilości 2 l·ha^{-1} (odpowiednio 17,2 oraz 15,4%). Skuteczność działania retardantów i fungicydów była modyfikowana przebiegiem pogody w latach prowadzenia doświadczenia. Natomiast wcześniejsze badania (Mazurek i wsp. 1986, Woźnica i wsp. 1992, Rudnicki i Kotwica 1994, Romek i Dzienia 1997) wykazywały negatywne oddziaływanie retardantów wzrostu na plon i elementy jego struktury. Autorzy nie uzyskali korzystnego oddziaływania, a nawet istotne obniżenie plonowania pod wpływem różnych sposobów zastosowania retardantów. Matysiak i wsp. (2009) odnotowali wzrost plonu pszenżyta ozimego po zastosowaniu mieszaniny *trineksapak etylu + chlorek chloromekwatu* (niezależnie od poziomu nawożenia azotowem) ale tylko w jednym roku badawczym. Matysiak i wsp. (2013) nie stwierdzili istotnych zmian w plonie ziarna po jednorazowej aplikacji trineksapaku etylu żadnej z badanych odmian pszenżyta ozimego.

W badaniach własnych stwierdzono tendencję wyższego poziomu plonowania (u obu testowanych odmian pszenżyta) pod wpływem zastosowania biostymulatora. W badaniach Łozowickiej i wsp. (2022) zabiegi z udziałem biostymulatorów są skuteczniejsze w latach o wyższych temperaturach, a większa wilgotność zmniejsza ich skuteczność. Uzyskane przez wyżej wspomnianych autorów wyniki badań wskazują na poprawę plonowania pszenicy po zastosowaniu biostymulatora na bazie kwasów humusowych. Również Gunupuru i wsp. (2019) stwierdzili, że biostymulatory z hormonami roślinnymi powodowały większy plon ziarna. Natomiast ekstrakt z alg i biostymulatory nitrofenolowe nie działają lub nieznacznie obniżają plon pszenicy w połączeniu ze środkami ochrony roślin.

W badaniach własnych liczba ziaren w kłosie była istotnie uwarunkowana poziomem nawożenia azotem. Wraz ze wzrostem aplikacji tego makroskładnika odnotowano wyższą wartość omawianej cechy. Dawka 100 kg N·ha^{-1} (wg zawartości Nmin w glebie) istotnie zwiększyła liczbę ziaren w kłosie pszenżyta ozimego. Dawka 150 kg N·ha^{-1} (wg wg 1½ Nmin w glebie) wpłynęła korzystnie na liczbę ziaren w kłosie. Omawiane wyniki badań są zgodne ze spostrzeżeniami Pecio i Bichońskiego (2008) oraz Dopki (2006). W badaniach własnych odnotowano tendencję większej liczby ziaren z obiektów z najwyższym poziomem ochrony

przed chorobami. Również Adamiak i wsp. (2008) w swoich badaniach udowodnili pozytywny wpływ stosowania fungicydów na poprawę parametrów jakościowych kłosa. Wpływu na modyfikacje tego elementu struktury plonu przez różne sposoby ochrony nie odnotowali w swoich badaniach Adamiak i wsp. (2008), Wróbel i Jabłoński (2004) oraz Jaśkiewicz (2011). W badaniach własnych aplikacja regulatora wzrostu nie wpłynęła na masę 1000 ziaren pszenżyta ozimego. Natomiast wyniki badań Matysiaka i wsp. (2009) dowodzą, że w wyniku aplikacji mieszaniny *trineksapaku etylu* z *chlorkiem chloromekwatu* na najwyższym w doświadczeniu poziomie nawożenia azotem (160 kg·ha^{-1}), autorzy uzyskali istotny wzrost masy 1000 ziaren pszenżyta ozimego.

Masa 1000 ziaren należy do ważniejszych parametrów wpływa zarówno na wielkość plonu, jak również na dorodności ziarna (Kramek i Kociuba 2017). Zdaniem Kociuby (2007, 2010), ziarno pszenżyta jest gorzej wypełnione niż ziarno pszenicy. W badaniach bułgarskich nad pszenżytem ozimym masa 1000 ziaren wahała się od 40 do 65 g (Milovanović i wsp. 2014). Najczęściej spotykana w literaturze wartość MTZ wynosi od 35 do 55 g (Erekul i Köhn 2006, Kozak i wsp. 2007). Dlatego też odmiany o masie 1000 ziarn przekraczającej 60 g stanowią wartościowy materiał hodowlany. Analiza statystyczna wyników badań własnych wykazała, iż na masę 1000 ziarn istotnie wpływały lata badań, nawożenie azotem i poziom ochrony fungicydowej. Najniższą masę 1000 ziaren odnotowano w drugim roku badań – 39,5 g, najwyższą w trzecim roku – 41,7 g. W badaniach Bielskiego (2015c) na masę 1000 ziaren pszenżyta ozimego Gniewko istotnie wpływały warunki meteorologiczne, tzn. lata badań, dawka nawozu azotowego i poziom ochrony przeciwgrzybowej. W badaniach własnych nawożenie azotem wpływało pozytywnie, a po zastosowaniu wyższych dawek azotu uejmnie na omawianą cechę. Odnotowano niższą wartość tej cechy wraz ze wzrastającymi dawkami azotu. Samborski i wsp. (2008) także wykazali niekorzystny wpływ najwyższej dawki azotu na masę 1000 ziaren. W badaniach Alaru i wsp. (2004) dawka azotu powyżej 60 kg·ha^{-1} nie wpływała istotnie na masę 1000 ziarn. Mut i wsp. (2005) również odnotowali istotny wzrost masy 1000 ziarn pod wpływem nawożenia azotem.

W badaniach Pecio i Bichońskiej (2008) wzrost dawki azotu od 0 do 80 kg N·ha^{-1} podnosiło masę 1000 ziaren, a dalsze zwiększanie poziomu nawożenia azotem do 170 kg·ha^{-1} istotnie obniżało wartość tej cech jakości ziarna. Sulewska i wsp. (2007) w badaniach nad pszenicą twardą stwierdzili znaczący wzrost dorodności ziarna przy dawce 50 kg N·ha^{-1}. Wyższe dawki azotu (od 50 do 150 kg·ha^{-1}) nie powodowały istotnych zmian. Również Ciołek i Makarska (2004) odnotowali spadek dorodności ziarna pszenicy ozimej stosując nawożenie azotem w zakresie od 90 do 180 kg·ha^{-1}. W badaniach Bielskiego (2015c) autor

odnotował najwyższą dorodność ziarna pszenżyta ozimego odmiany Gniewko nawożąc rośliny dawką 30 i 90 kg N·ha^{-1}. Wzrost dawki azotu z 90 do 150 kg·ha^{-1} skutkowało obniżeniem masy 1000 ziaren. Natomiast Koziara i wsp. (2015) w badaniach nad krótkosłomym pszenżytem ozimym odmiany Gniewko wskazują, iż nawożenie azotem istotnie zwiększa masę tysiąca ziaren. Natomiast Brzozowska i Brzozowski (2013) stwierdzili, że sposób nawożenia azotem nie wpływał istotnie na wartości elementów składowych plonu. W badaniach własnych dorodność ziarna zależała również w sposób istotny od intensywności ochrony przed chorobami. Największa masa 1000 ziarn została odnotowana przy pełnej ochronie. Istotnie niższą wartością omawianego elementu struktury plonu odznaczało się ziarno pochodzące z obiektu, na którym zastosowano jeden, nalistny zabieg chemiczny. Ziarno najmniej dorodne było z obiektów, na którym jedyną formą ochrony przed patogenami było zaprawianie ziarna siewnego. Badania Wróbla i Jabłońskiego (2004) są zbieżne z powyższymi wynikami. Dubis i in. (2000) również wykazali korzystny wpływ sposobu ochrony chemicznej na elementy struktury plonu. Odmienne wyniki badań prezentują Adamiak i wsp. (2008), gdzie nie odnotowano istotnego wpływu sposobu ochrony przed chorobami na masę 1000 ziaren. Wysoka masa 1000 ziaren w połączeniu z wysoką liczbą i masą ziaren z kłosa oraz z odpowiednim zagęszczeniem źdźbeł kłosonośnych na jednostce powierzchni decyduje o plonie produkcyjnym odmiany (Kociuba i Kramek 2014, Milovanović i wsp. 2014, Kramek i Kociuba 2017). Estrada-Campuzano i wsp. (2012) uważają, że wysoka liczba ziaren w kłosie istotnie przyczynia się do wysokiego plonowania pszenżyta. W badaniach Bielskiego (2015c) liczba ziaren w kłosie była istotnie uwarunkowana poziomem nawożenia azotem. Jednak dopiero dawka 90 kg N·ha^{-1} istotnie zwiększyła liczbę ziaren w kłosie pszenżyta ozimego. Najwyższa w doświadczeniu dawka 150 kg N·ha^{-1} wpłynęła korzystnie na liczbę ziaren w kłosie, nie była to jednak wartość istotna. Omawiane wyniki badań są również zgodne ze spostrzeżeniami Pecio i Bichońskiego (2008) oraz Dopki (2006). W badaniach własnych odnotowano tendencję większej liczby ziaren w kłosach z obiektów z najwyższym poziomem ochrony przed chorobami. We wcześniejszych badaniach Adamiak i wsp. (2008) udowodnili pozytywny wpływ stosowania fungicydów na poprawę parametrów jakościowych kłosa. Wpływu na modyfikacje tego elementu struktury plonu przez różne sposoby ochrony nie stwierdzili natomiast Wróbel i Jabłoński (2004) oraz Jaśkiewicz (2011). Według Elía i wsp. (2016) oraz Slafer i wsp. (2014) maksymalne plony uzyskuje się najczęściej przy przeciętnych wartościach wszystkich elementów składowych plonu.

W badaniach własnych odnotowano minimalny, pozytywny wpływ retardanta wzrostu na liczbę ziaren w kłosach pszenżyta ozimego. Natomiast Matysiak i wsp. (2009) odnotowali zmniejszenie liczby ziaren w kłosie pszenżyta ozimego po zastosowaniu *trineksapaku etylu* w mieszance z *chlorkiem chloromekwatu* ale tylko na poziomie nawożenia azotem w dawce 80 kg·ha^{-1}.

Z literatury przedmiotu wynika, że występują znaczne różnice w składzie chemicznym i właściwościach odżywczych pszenżyta, co jest konsekwencją występowania dużej liczby genotypów o bardzo różnych właściwościach. Pod względem jakości technologicznej ziarno pszenżyto nadal ustępuje pszenicy w żywieniu człowieka (mniejsza zawartość i gorsza jakość glutenu), dlatego jest wykorzystywane głównie w żywieniu zwierząt domowych (Perišić i wsp. 2019). Ponieważ ziarno pszenżyta ma wysoką zawartość białka (2-3% więcej niż pszenica) i bardzo korzystny skład aminokwasowy, jest pożądanym składnikiem odżywczym (Đekić 2010).

Nawożenie azotem jest czynnikiem agronomicznym najsilniej modyfikującym cechy jakościowe ziarna. Odpowiednia wysokość dawki i harmonogram aplikacji mogą ułatwić otrzymanie dobrej jakości produktu roślinnego i są bardzo ważne z punktu efektywnego wykorzystania azotu (McKenzie i wsp. 2014). Cenną zaletą pszenżyta jest wysoki udział białka, drugiego co do ilości składnika w ziarnie (Arendt i Zannini 2013). Białko i skrobia zaliczane są do najważniejszych składników odżywczych ziarna pszenżyta i należą do podstawowych parametrów jakościowych nad którymi skupiają się prace hodowlane (Fraś i wsp. 2018b, Różewicz 2022). Zawartość białka ogółem w ziarnie pszenżyta waha się w dość szerokich granicach, od 9,4 do 13,5% (Warechowska i Domska 2006). Badacze podkreślają, że zawartość i skład frakcyjny białka zbóż nie zależy tylko od odmiany, ale także od warunków klimatyczno-glebowych, nawożenia oraz ochrony chemicznej (Shewry 2007, Wieser 2007, Pattison i Trethowan 2013, Stępień i Wojtkowiak 2013). Matysiak i Kaczmarek (2009) odnotowali wzrost zawartości białka w ziarnie pszenżyta po zastosowaniu wyższej dawki *trineksapaku etylu* (125 g s.a·ha^{-1}) przy nawożeniu azotem na poziomie N0 oraz N160. Zależność powyższa wystąpiła tylko w jednym sezonie badawczym. W badaniach Widodo i wsp. (2015) zawartość białka wynosiła od 92,0 do 127,8 g·kg^{-1} s.m., w badaniach Brand i wsp. (2000) od 132 do 159 g·kg^{-1} s.m. Fraś i wsp. (2018b) stwierdzili istotne różnice w zawartości białka i skrobi w ziarnie pszenżyta między sezonami wegetacyjnymi. Zawartość białka oscylowała w zakresie od 10,6% do 13,3% oraz skrobi od 62,0% do 63,7%. Autorzy odnotowali najmniejszą zawartość tych składników w sezonie wegetacyjnym z największą ilością opadów w okresie wegetacji. W badaniach Rakha i wsp. (2011) zawartość białka

surowego w odmianach pszenżyta uprawianych na różnych stanowiskach różniła się dość znacznie (od 13,0 do 14,9% s.m.), a skrobi od 63,5% do 66,5%. W badaniach Manley i wsp. (2013) autorzy stwierdzili bardzo dużą rozbieżność w zawartość białka (od 7,5 do 15,2%). Dekić i wsp. (2018) odnotowali średnią zawartość białka w ziarnie pszenżyta ozimego na poziomie 12,3%. Również Erekul i Kohn (2006) zaobserwowali istotny wpływ lat badań i warunków glebowych na zwartość białka otrzymując rozbieżności w zakresie od 10,9% do 17,0%. Kowieska i wsp. (2011) podali, że zawartość białka surowego wynosiła 11,70% s.m. w ziarnie pszenżyta ozimego u odmian uprawianych w Polsce. Podobne wartości w swoich badaniach otrzymali (Alijošius i wsp. 2016). Kramek i Kociuba (2020) przebadali 348 genotypów pszenżyta ozimego, w tym 38 polskich odmian, z których 17 znajdowało się aktualnie w Krajowym Rejestrze COBORU oraz 310 starych zagranicznych materiałów hodowlanych. Autorzy odnotowali średnio niższą zawartością białka w ziarnie u polskich odmian pszenżyta ozimego w porównaniu do zagranicznych, odpowiednio 10,5% i 13,2%. Wyniki badań oceny odmian, jak również badania kolekcyjce sygnalizują, że poziom białka ogólnego w ziarnie pszenżyta obniża się (Kramek i Kociuba 2020). Zdaniem wielu badaczy sytuacja ta spowodowana jest dążeniem do uzyskiwania coraz większego plonu z jednostki powierzchni, a także lepszym wypełnieniem ziarna (Wolski i wsp. 2000, Kociuba i Kramek 2014, Kociuba i wsp. 2018, Kramek i Kociuba 2017). Zdaniem Dennett i wsp. (2013) pszenżyto może być potencjalną alternatywą dla pszenicy i żyta jako pasza dla zwierząt ze względu na jego wysoką jakość białka. Wpływ warunków pogodowych, a tym samym lat badań, na zawartość białka ogólnego potwierdziły wcześniejsze badania Zająca i wsp. (2006) oraz Buraczyńskiej i Ceglarka (2009). Pszenżyto ozime uprawiane w tych samych warunkach środowiskowych i agrotechnicznych jak pszenica wykazuje bardzo dużą zmienność ocenianych ważnych cech technologicznych, m.in.: zawartości białka ogółem (Biskupski 2000, Gambuś i wsp. 2000, Ceglińska i Haber 2001). W badaniach Pattison i wsp. (2014) zawartość białka w mące pszenżyta była na poziomie 16%, podobnie jak w mące z pszenicy miękkiej. Na podkreślenia zasługuje spostrzeżenie Achremowicza i wsp. (2014). Autorzy wskazują, że bardzo ważny jest również profil aminokwasowy, decydując o wartości paszowej ziarna a nie tylko zawartość białka ogółem.

Literatura przedmiotu podaje bardzo duże rozbieżności odnośnie zawartości skrobi w ziarnie pszenżyta (od 50 do 85%). Według Wojtkowiaka i wsp. (2014a) odmiana, nawożenie azotem, lokalizacja i lata badań oraz wewnętrzne interakcje między tymi czynnikami mają istotny wpływ determinujący poziom skrobi w ziarnie pszenżyta. W badaniach Çiftci i wsp. (2003), Pejin i wsp. (2009) zawartość skrobi w ziarnie pszenżyta wahała się od 660 do 730

$g \cdot kg^{-1}$ s.m. Wiwido i wsp. (2015) odnotowali zawartość skrobi w zakresie od 577,6 do 657,0 $g \cdot kg^{-1}$ s.m. Ponadto niektórzy badacze zaobserwowali, że nawożenie azotem zmniejsza zawartość skrobi w ziarnie pszenicy (Cao i wsp. 2005, Wang i wsp. 2008).

W badaniach Jaśkiewicz i Panasiewicz (2020) najwyższą zawartość białka odnotowano u półkarłowej odmiany Alekto (141,6 $g \cdot kg^{-1}$). Była to wartość istotnie większa niż u pozostałych dwóch odmianach: Cerber 134,9 $g \cdot kg^{-1}$ i Fredro 135,0 $g \cdot kg^{-1}$. Fraś i wsp. (2018b) badając odmiany pszenżyta ozimego Alekto, Fredro, Preludio, Panteon i Borwo, stwierdzili największą zawartość białka (14,1%) i jednocześnie najniższą zawartością skrobi (61,5%) u tradycyjnej odmiany Panteon. Natomiast najmniej białka (10,9%) odnotowano u krótkosłomej odmiany Alekto, przy zawartości skrobi 63,3%. W badaniach Jaśkiewicz (2014a) niezależnie od zastosowanej dawki azotu, krótkosłoma odmiana Pigmej charakteryzowała się średnio o 16% wyższą zawartością białka w porównaniu do odmiany Grenado, w ziarnie której odnotowano najniższą zawartość białka, odpowiednio 13,4 i 11,3%. Alaru i wsp. (2003), Makarska i wsp. (2010) oraz (Jaśkiewicz 2017) twierdzą, że zawartość białka w ziarnie pszenżyta ozimego zależy przede wszystkim od odmiany. Zostało to potwierdzone również w niniejszych badaniach. Martinek i wsp. (2008) odnotowali średnio 15,1% białka w pszenżycie ozimym odmiany Presto. Elangovan i wsp. (2011) donoszą, że maksymalna zawartość tego składnika może wynosić u niektórych odmian pszenżyta nawet 20%. W badaniach Fraś i wsp. (2016) spośród ośmiu badanych odmian pszenżyta ozimego (Alekto, Atletico, Elpaso, Fredro, Pizarro, Preludio, Subito, Trapero, Panteon), największą zawartością białka charakteryzowała się odmiana Trapero (15,2%) następnie Pizarro (14,6%), Panteon 13,9%. Najmniejszym zaś Preludio – 11,8%. Natomiast zawartość skrobi najwyższa była u odmiany Preludio (aż 69,9%), najniższa u odmiany Elpaso (61,0%), a u odmiany Panteon 61,3%. W badaniach powyższych autorów zawartość popiołu w ziarnie pszenżyta ozimego wynosiła od 1,7 do 2,0%. W badaniach Dennett i Trethovan (2013) zakres zawartości popiołu zawierał się w przedziale między 1,4 i 2,0%. Natomiast Rakha i wsp. (2011) odnotowali 1,6%, jako średnią zawartość popiołu w ziarnie pszenżyta. Natomiast w badaniach Kandrokov i wsp (2019) w odmianie Saur – 1,99 oraz Ramzes – 2,07%.

Wyniki badań wielu autorów potwierdzają decydującą rolę azotu w budowaniu zawartości białka w ziarnie (Kwiatkowski 2004, Małecka i wsp. 2004, Ceglińska i wsp. 2005, Idkowiak i Kordas 2005, Samborski i wsp. 2008, Jaśkiewicz 2014a). Panasiewicz i wsp. (2018) odnotowali istotny wzrost zawartości białka i tłuszczu w ziarnie pszenżyta ozimego odmiany Gniewko pod wpływem nawożenia azotem. Z obiektu kontrolnego autorzy otrzymali najniższą zawartość białka (9,7%) oraz tłuszczu (1,38%), natomiast z obiektów

nawożonych dawką 180 kg N·ha^{-1} zawartość białka wynosiła 13,5%, a tłuszczu 1,48%. Odwrotna reakcja na wrastające dawki nawożenia azotem wystąpiła w zwartości włókna surowego i popiołu surowego. Wzrastające dawki azotu istotnie obniżały zawartość włókna i popiołu. Z obiektów kontrolnych zawartość włókna i popiołu w ziarnie pszenżyta wynosiła odpowiednio 4,64 i 1,78%. Natomiast maksymalna dawka azotu w doświadczeniu była powodem obniżenia wyżej wymienionych składników ziarna odpowiednio do 4,47 i 1,70%. W badaniach Lestingi (2010) nawożenie azotem istotnie zwiększyło plon białka osiągając najwyższą wartość przy aplikacji 100 kg N·ha^{-1}. W badaniach Jaśkiewicz i Panasiewicz (2020) w warunkach technologii intensywnej (poziom nawożenia azotem 150 kg·ha^{-1}) stwierdzono w ziarnie pszenżyta ozimego średnio więcej o 10 g·kg^{-1} s.m. białka ogółem, 0,96 g·kg^{-1} s.m. tłuszczu surowego niż w integrowanej (poziom nawożenia azotem 100 kg·ha^{-1}). Natomiast zawartość popiołu i włókna surowego nie różniła się w obu badanych technologiach produkcji. Samborski i wsp. (2008) odnotowali w stosunku do obiektu kontrolnego, nienawożonego azotem wzrost zawartości białka o 17% po zastosowaniu azotu w dawce 80 kg·ha^{-1} i o 26,6% po aplikacji azotu w dawce 170 kg·ha^{-1}. Również wyniki badań Jaśkiewicz i Szczepanek (2016) potwierdzają wyższą zawartość białka ogółem w ziarnie pszenżyta uprawianego w technologii intensywnej w porównaniu z technologią integrowaną. Ponadto wyniki badań wskazują, że nawożenie azotem zmniejsza zawartość skrobi w ziarnie pszenicy (Cao i wsp. 2005, Wang i wsp. 2008).

Stosowanie środków chwastobójczych w zalecanych dawkach w większości nie powoduje znaczących zmian w wartości biologicznej ziarna pszenżyta, w tym także w zawartości białka (Brzozowska 2006, Brzozowska i wsp. 2009). W badaniach Pecio i Bichońskiego (2010) ochrona roślin przed chorobami grzybowymi powodowała tylko nieznaczny wzrost plonów białka i tłuszczu w ziarnie owsa.

W badaniach Widodo i wsp. (2015) zawartość tłuszczu w ziarnie pszenżyta wahała się od 13,9 do 26,7 g·kg^{-1} s.m. Janowska-Miąsik (2015) stwierdza, że ziarno pszenżyta o niskiej zawartości białka ogółem jednocześnie zawierało mniej tłuszczu surowego, tj. 10,3 g·kg^{-1} s.m. Z badań Jaśkiewicz i Panasiewicz (2020) wynika, że istotnie wyższą zawartość tłuszczu w ziarnie pszenżyta autorki otrzymały w technologii intensywnej, tzn. o wyższej dawce nawożenia azotem (150 kg N·ha^{-1}), w porównaniu do technologii integrowanej (dawka azotu 100 kg·ha^{-1}), odpowiednio dla intensywności technologii 19,54 i 18,58 g·kg^{-1} s.m. Zdaniem Jaśkiewicz i Panasiewicz (2020) lata o niskiej ilości opadów, bardziej sprzyjają gromadzeniu tłuszczu surowego w ziarnie pszenżyta. Langó i wsp. (2017) odnotował zawartość tłuszczu surowego w ziarnie pszenżyta w przedziale od 0,86 do 1,98% i twierdzą, podobnie jak w

przypadku pozostałych składników pokarmowych, zależy w dużej mierze od genotypu. W badaniach Frasia i wsp. (2018b) zawartość tłuszczu w ziarnie pszenżyta ozimego średnio wynosiła od 2,0% do 2,4%. Największą średnią zawartość lipidów (2,4%) odnotowano w ziarnie krótkosłomej odmiany Alekto. Natomiast najmniej odznaczała się odmiana Panteon, która zawierała jednocześnie największą zawartością białka. Powyższe zależności potwierdzają wpływ genotypu na zawartość lipidów w ziarnie pszenżyta, chociaż dane literaturowe nie są jednoznaczne. Dennett i Trethovan (2013) odnotowali zawartość tłuszczu w ziarnie pszenżyta na poziomie 2,0%. Znacznie niższą zawartość lipidów (ok. 1,6%) stwierdzili Kowieska i wsp. (2011) oraz Rakha i wsp. (2011) nie zauważając istotnego wpływu odmiany czy miejsca uprawy na zawartość tłuszczu.

Zawartość włókna surowego w ziarnie pszenżyta ozimego również decyduje o wartości paszowej. W badaniach własnych nie wykazano istotnych różnic statystycznych w zawartości włókna w ziarnie między badanymi odmianami pszenżyta. Natomiast w badaniach Jaśkiewicz i Panasiewicz (2020) istotnie mniejszą zawartość włókna zawierały odmiany tradycyjne (Cerber i Fredro) (27,86 $g \cdot kg^{-1}$ s.m.), zaś największą odmiana półkarłowa Alekto (28,60 $g \cdot kg^{-1}$ s.m.).

W badaniach Alijošius i wsp. (2016) najwyższą ilość popiołu surowego oznaczono w ziarnie odmian pszenżyta Adverdo (1,63% s.m.) oraz Agendus (1,58% s.m.), a najmniejszą Remiko (1,33% s.m.) i Grenado (1,43% sm). Natomiast Rodehudscord i wsp. (2016) zaobserwowali wyższe stężenie popiołu surowego w ziarnie pszenżyta (1,80% s.m.). Istotne zróżnicowanie w latach badań w zawartości popiołu w ziarnie pszenżyta zauważyły Jaśkiewicz i Panasiewicz (2020). W sezonie wegetacyjnym o najwyższej wilgotności autorki odnotowały maksymalną ilość popiołu surowego w ziarnie. Podobną zależność zawartości popiołu surowego w ziarnie pszenżyta odnotowała w badaniach Janowska-Miąsik (2015). Widodo i wsp. (2015) badając 10 odmian pszenżyta ozimego na zawartość popiołu w ziarnie otrzymali rozbieżność od 16,7 do 20,0 $g \cdot kg^{-1}$.

Na skład chemiczny ziarna zbóż cechuje się dużym zakresem zmienności i uzależniony jest przede wszystkim od: rodzaju i zasobności gleby w przyswajalne składniki mineralne, nawożenia, zabiegów agrotechnicznych, warunków meteorologicznych (Jurgowskie i wsp. 1992, Karczmarczyk i wsp. 2000, Nieróbca 2004, Mut i wsp. 2005, Spychaj-Fabisiak i wsp. 2005, Ścigalska 2006, Bednarek i wsp. 2008, Akçura i wsp. 2011, Manès i wsp. 2012, Klikocka i wsp. 2015, Brzozowska i Brzozowski 2016, Gill i Omokanye 2016). Kong i wsp. (2014) podają, że nawet wielkość ziaren i termin siewu może mieć wpływ koncentrację składników mineralnych. Zdaniem Myer i Lozano del Rio (2004) ze względu na

wykorzystanie paszowe ziarna pszenżyta, oprócz wielkości plonu i zawartości białka duże znaczenie ma również poziom składników mineralnych. Jednak, jak podkreślają Brzóska i Śliwiński (2011), zarówno niedobór, jak i nadmiar składników mineralnych może powodować zaburzenia w funkcjonowaniu organizmów zwierzęcych.

Szabó i Fodor (2006) wykazali, że kumulacja mikroelementów, zwłaszcza cynku i manganu, w pszenżycie lub w ziarnie pszenicy ozimej w dużym stopniu zależy od zawartości tych składników w glebie. W badaniach Kozery i wsp. (2015) stwierdzono, że dawka azotu 120 kg·ha^{-1} istotnie wpłynęła na obniżenie zawartości magnezu oraz zwiększenie koncentracji manganu w ziarnie pszenżyta jarego w porównaniu z dawką azotu na poziomie 80 kg·ha^{-1}. Autorzy zauważyli również podobną zależność dotyczącą cynku. Alaru i wsp. (2003), Janušauskaitė i wsp. 2013, Akgun i Altindal, (2015), Gibczyńska i wsp. (2016) twierdzą, że skład chemiczny ziarna zbóż zależy głównie od genotypu oraz w mniejszym stopniu od warunków pogodowych. Ścigalska i wsp. (2000) podają, że zawartość potasu ogólnego w ziarnie pszenżyta jest silnie różnicowana przez czynnik odmianowy.

Niektórzy autorzy podkreśla (Abbasi i wsp. 2016, El-Dahshouri i wsp. 2017), że niedobór nawet niewielkiej ilości mikroelementu ogranicza wzrost plonu, nawet przy bogatym żywieniu makroskładnikami. Autorzy polecają stosowanie nawozów wieloskładnikowych o zbilansowanej zawartości mikroelementów, szczególnie w technologiach intensywnej produkcji.

Knapowski i wsp. (2010) stwierdzili istotny wzrost zawartości potasu i wapnia w ziarnie pszenżyta jarego pod wpływem zwiększenia dawki azotu z 80 do 120 kg N·ha^{-1}. W badaniach Brzozowskiej i Brzozowskiego (2016) zawartość w ziarnie pszenżyta fosforu, potasu i magnezu była istotnie mniejsza w latach o niższych plonach. Co potwierdza wcześniejsze wyniki badań Bassu i wsp. (2011), Mizak i wsp. (2011) oraz Bielskiego (2015e) o istotnym wpływie warunków meteorologicznych na kształtowanie się składu chemicznego ziarna zbóż. W badaniach Brzozowskiej i Brzozowskiego (2016) nawożenie azotem (w dawkach o 0 do 160 kg·ha^{-1}) nie wpłynęło istotnie na zawartość makroskładników (P, K, Mg, Ca). Natomiast wyniki badań Bobreckiej-Jamro i wsp. (2013) dowodzą, że pogłówne nawożenie azotem modyfikowało istotnie zawartość magnezu i wapnia, nie miało natomiast istotnego wpływu na zawartość fosforu i potasu w ziarnie pszenicy.

Badania Bielskiego (2015e)wskazują, że warunki klimatyczne w latach badań istotnie różnicowały zawartość fosforu, potasu i wapnia w ziarnie pszenżyta ozimego odmiany Gniewko. W badaniach Pisulewskiej i wsp. (1998) ziarno pszenżyta zawierało 15 g·kg^{-1} s.m., wapnia 0,9 g·kg^{-1} s.m., fosforu 2,6 g·kg^{-1} s.m., i potasu 3,8 g·kg^{-1} s.m. W badaniach

Brzozowskiego i wsp. (2008) tylko nawożenie azotem wpływało w istotny sposób na zawartość azotu i magnezu w ziarnie. Pszenżyto nawożone azotem zawierało azotu w ziarnie do 15,53 $g \cdot kg^{-1}$ s.m. w porównaniu z ziarnem pszenżyta bez nawożenia tym składnikiem (12,59 $g \cdot kg^{-1}$ s.m.).

Brzozowski i wsp. (2008) stwierdzili największą koncentrację magnezu w warunkach braku nawożenia azotem (1,17 $g \cdot kg^{-1}$ s.m.). W badaniach Borkowskiej (2004) różne dawki azotu nie wpłynęły na zawartość magnezu i potasu w ziarnie pszenicy ozimej. Natomiast udział fosforu wzrastał pod wpływem zwiększonego nawożenia azotem. Przeciwstawne wyniki badań otrzymał Chwil (2000), gdzie wzrastające nawożenie NPK zwiększało zawartość magnezu w ziarnie pszenicy. Kraska i wsp. (2013) stwierdzili, że środki chemiczne (w technologii intansywnej preparaty ochrony fungicydowej z zastosowaniem retardanta) obniżyły zawartość magnezu w ziarnie.

Natomiast Widodo i wsp. (2015) w warunkach klimatycznych Australii badając 10 odmian pszenżyta ozimego stwierdzili następujące zawartości pierwiastków: Ca od 0,31 do 0,46 $g \cdot kg^{-1}$ s.m., P od 3,5 do 4,42 $g \cdot kg^{-1}$ s.m., K od 4,0 do 6,1 $g \cdot kg^{-1}$ s.m., Mg od 1,4 do 1,9 $g \cdot kg^{-1}$ s.m. W powyższych badaniach zawartość Ca i K oraz Mg była podobna w latach badań, natomiast zawartość P różniła się istotnie między odmianami pszenżyta, a zawartość Fe, Mn i Zn nie różniła się istotnie ani w latach badań, ani między odmianami. Brak istotnego zróżnicowania w zawartości pierwiastków między odmianami i latami badań stwierdzili również Brand i wsp. (2003). Nogalska i wsp. (2011) stwierdzili tylko nieznaczną różnicę w koncentracji makroskładników w ziarnie jęczmienia jarego między obiektami nawozowymi ale istotne różnice między kolejnymi latami badań. Analogiczne tendencje wystąpiły w badanich Nogalskiej i wsp. (2012) w odniesieniu do ziarna pszenżyta jarego. Piekarczyk i wsp. (2011) twierdzą, że warunki środowiskowe, takie jak pogoda, warunki glebowe i stosowana technologia produkcji roślinnej najczęściej decydują o wartości odżywczej i technologicznej ziarna zbóż.

Zawartość makroelementów w ziarnie zbóż może się różnić w zależności od wielu czynników. Wśród najważniejszych najczęściej wymieniane są: gatunek zboża, jego forma i odmiana, zawartość biodostępnych składników pokarmowych w glebie oraz technologia produkcji (Brzozowski i wsp. 2008, Knapowski i wsp. 2010, Woźniak i Makarski 2012, Dekić i wsp. 2014, Małecka i wsp. 2004, Wojtkowiak i wsp. 2014a, Djekić i wsp. 2014, Järvan i wsp. 2017). Nie bez znaczenia jest też związek między wielkością plonu zbóż i składem chemicznym ziarna a warunkami pogodowymi. Szczególnie ilość i rozkład opadów i temperatura w trakcie sezonu wegetacyjnego zbóż (Erekul i Kohn 2006, Bassu i wsp. 2011,

Jaskulski i wsp. 2011). Wyniki badań uzyskane przez Brzozowską (2006), dotyczące zawartości makroelementów w ziarnie pszenżyta ozimego, wskazują na zależność zawartości wapnia, fosforu, potasu oraz magnezu od warunków pogodowych w trakcie sezonu wegetacyjnego. W badaniach autorki, zawartość azotu, fosforu i potasu w ziarnie pszenżyta była większa w latach o niskich opadach. Gibczyńska i wsp. (2016) podkreślają natomiast czynnik odmianowy, który istotnie różnicował zawartość potasu w ziarnie pszenżyta. Również zastosowany poziom nawożenia mineralnego ma istotny wpływ na zawartość składników mineralnych w ziarnie. W badaniach Kozery i wsp. (2015) stwierdzono, że wysokie nawożenie azotem – 120 kg N ha^{-1} istotnie wpłynęło na obniżenie zawartości magnezu w porównaniu z dawką na poziomie 80 kg N ha^{-1}. Natomiast wzrost nawożenia azotem zwiększył koncentracji manganu w ziarnie pszenżyta jarego. Autorzy zauważyli również podobną zależność dotyczącą cynku.

Wcześniejsze wyniki badań wielu autorów (Erekul i Kohn 2006, Jaczewska-Kalicka 2008, Kraska i Pałys 2009, Bassu i wsp. 2011) potwierdzają znaczny wpływie warunków siedliskowych (w tym również warunków pogodowych) na skład chemiczny ziarna. Kraska i Pałys (2009) odnotowali najniższa zawartość potasu, magnezu w pszenicy ozimej w ziarnie w chłodnym sezonie wegetacyjnym, a zawartość fosforu i wapnia w najcieplejszym roku badań.

W badaniach Brzozowskiej i wsp. (2016) koncentracja azotu i fosforu ulegała znacznemu obniżeniu wraz ze wzrostem plonu pszenżyta jarego. Natomiast Bielski (2015e) nie odnotował znacznego wpływu intensywności technologii produkcji ziarna pszenżyta ozimego na zawartość fosforu, potasu i magnezu w ziarnie. Natomiast zawartość azotu i wapnia w ziarnie pszenżyta odmiany Gniewko była zróżnicowana istotnie intensywnością technologią produkcji. W badaniach Jaśkiewicz i Jasińskiej (2019) zawartość makroskładników (fosfor, potas, magnez i sód) w ziarnie pszenżyta ozimego nie różniła sięznacząco pod wpływem zastosowanych technologii produkcji. Natomiast zawartość wapnia była wyższa w ziarnie pozyskanego z technologii intensywnej. Lewandowski i Kauter (2003) nie stwierdzili zmian w zawartości potasu w wyniku zastosowania zróżnicowanego nawożenia azotem, co zgodne jest z wynikami badań własnych. Również aplikacja regulatora wzrostu nie wpłynęła znacząco na zawartość makroelementów w ziarnie pszenżyta ozimego. W badaniach Wierzbowskiej i wsp. (2010) tylko jeden regulator wzrostu, kwas indolilomasłowy, zwiększył koncentrację potasu w ziarnie pszenżyta jarego 0 14%.

Cynk odgrywa ważną rolę albo jako składnik enzymów, ma wpływ na niektóre procesy życiowe roślin, takie jak pobieranie i metabolizm azotu, fotosyntezę, odporność na stres biotyczny (Cakmak 2008, Kaya i Higgs 2002; Pandey i wsp. 2006). W badaniach Kraski

i wsp. (2013) intensywna, przeciwgrzybowa ochrona roślin (łącznie z zastosowaniem regulatora wzrostu) przyczyniła się do istotnego zwiększenia zawartość miedzi w ziarnie orkiszu w porównaniu z technologią, w której nie aplikowano chemicznych środków ochrony roślin. Knapowski i wsp. (2012) stwierdzili, że dawka 120 kg N ha^{-1} spowodowała istotny wzrost zawartości cynku i spadek zawartości miedzi w ziarnie odmiany Kargo pszenżyta jarego w porównaniu z obiektem, który otrzymał 80 kg N ha^{-1}. Także dolistna aplikacja cynku we wszystkich zastosowanych dawkach azotu spowodowała istotny wzrost zawartości cynku i spadek zawartości miedzi w ziarnie pszenżyta jarego. W badaniach Wojtkowiak i wsp. (2014) nad pszenżytem jarym zaobserwowano w ziarnie większe nagromadzenie manganu i cynku po zastosowania nawozów wieloskładnikowych.

Racjonalna działalność gospodarcza polega na oszczędnym i wydajnym wykorzystaniu zasobów pracy ludzkiej i środków produkcji oraz dążenie do maksymalizacji efektów energetycznych prowadzonej produkcji, przy jak najmniejszych nakładach. Metoda analizy procesu umożliwia ocenę energochłonności technologii produkcji w rolnictwie. Pierwszym etapem jest ustalenie ciągu kolejnych zabiegów i operacji technologicznych niezbędnych do przeprowadzenia technologii produkcji. Następnie należy określić nakłady energetyczne ponoszone w operacjach technologicznych w różnej formie, tj.: trwałych środków produkcji, wykorzystanych surowców i materiałów, nośników energii oraz nakładów siły roboczej (Węgrzyn i Zając 2008). Łączne nakłady energetyczne ponoszone na produkcję roślinną zależą nie tylko od gatunku uprawianej rośliny (Harasim i Gawęda 2010, Głowacka i Klikocka 2011) ale również od stosowanej technologii produkcji i liczby wykonywanych zabiegów agrotechnicznych (Klikocka i wsp. 2012).

Ocena technologii produkcji najczęściej bywa ograniczana do kryteriów produkcyjnych oraz ekonomicznych. Jednak dokonując wyboru najbardziej racjonalnych rozwiązań należy wykorzystać analizy energetyczne. Ma to swoje uzasadnienie między innymi z powodu częstych zmian cen, a szczególnie relacji między cenami środków produkcji i cenami ziemiopłodów. Obliczenia w mierniku pieniężnym są bardzo zmienne w czasie i szybko ulegają dezaktualizacji. Z tego względu za bardziej obiektywny miernik nakładów i efektów produkcji należy uznać wskaźnik energochłonności produkcji (Harasim i wsp. 2007, Kwiatkowski i Harasim 2009).

Analiza energetyczna jest wykorzystywana nie tylko do analizy efektywności poszczególnych zabiegów agrotechnicznych ale w szczególności do oceny technologii produkcji ziemiopłodów. Porównuje się wówczas ilość energii zawartej w uzyskanym plonie do poniesionych nakładów energii w postaci obrotowych środków produkcji, pracy maszyn i

urządzeń oraz pracy ludzkiej (Gawęda i wsp. 2006). Zdaniem Pawlaka (2012) czynnikiem wymuszającym poprawę efektywności nakładów energii w produkcji rolniczej są również rosnące ceny jej nośników. W tej sytuacji konieczne jest poszukiwanie rozwiązań prowadzących do poprawy efektywności nakładów energetycznych, która jest jednym z warunków zwiększenia konkurencyjności gospodarki, a pośrednio sprzyja poszanowaniu środowiska naturalnego. Bardzo ważną kwestią jest też monitorowanie zmian poziomu tej efektywności. Za główny cel prowadzenia analiz energochłonności w produkcji roślinnej należy uznać określenie poziomu osiąganej efektywności energetycznej, a w szczególności podjęcia dalszych działań w zakresie dążenia do zmniejszania zużycia energii w rolnictwie (Meyer-Aurich i wsp. 2013). Osiągnięcie wysokiego plonu ziarna pszenżyta o pożądanej jakości wymaga nie tylko właściwego doboru odmiany i zapewnienia optymalnych warunków uprawy ale również zastosowania odpowiedniej technologii produkcji (Ivanova i Tsenov 2014, Khan i wsp. 2017, Kirchev i Georgieva 2017).

W badaniach własnych suma nakładów energetycznych w produkcji pszenżyta ozimego wynosiła od 16,15 do 21,50 GJ·ha^{-1}. Wyniki badań Raczkowskiego (2010) wykazały, suma nakładów energetycznych na uprawę pszenżyta jarego Maja wynosiła od 16,72 do 21,86 GJ·ha^{-1}. W badaniach Bielskiego i wsp. (2015b) nakłady na produkcję pszenżyta ozimego odmiany Gniewko wynosiły od 11,9 do 21,4 GJ·ha^{-1}. Natomiast zdecydowanie wyższy poziom nakładów energetycznych w badaniach nad pszenżytem ozimym (aż 34,3 GJ·ha^{-1}) odnotowała Dopka (2004). W badaniach Czarnockiego i Starczewskiego (2006) nakłady na produkcję pszenżyta nie przekraczały 13,62 GJ·ha^{-1}. Zdaniem Budzyńskiego i wsp. (2000) istnieje potrzeba obniżenia jednostkowej energochłonności produkcji ziarna przez lepsze wykorzystanie N_{min} gleby, terminu nawożenia i interakcję z ochroną chemiczną. Podobnie jak w badaniach własnych, bardzo wysoki udział nawożenia mineralnego (od 64,7 do 66,4%) w strukturze nakładów odnotowała Dopka (2004) oraz Bielski i wsp. (2019) od 37,1 do 62,3%. Także wcześniejsze wyniki badań Budzyńskiego i wsp. (2000) nad pszenżytem ozimym wskazywały, że nawożenie mineralne i ochrona roślin mogą stanowić nawet do 60% energii skumulowanej w strukturze nakładów energetycznych. W badaniach Budzyńskiego i wsp. (2000) uprawa roli zajmowała tylko 10-15%. Natomiast Bielski (2015d) odnotował niższy udział uprawy roli (od 7,2 do 13%) całkowitej energii wydatkowanej na produkcję pszenżyta. Badania Webera i Bujaka (2016) dowodzą, iż pszenżyto wykazuje zróżnicowaną reakcję na zmiany intensywności technologii produkcji, co jednoznacznie jest interpretowane jako możliwość wyodrębnienia odmian o małych wymaganiach energetycznych na uprawę roli. Zbiór ziarna może być także energochłonną

operacją agrotechniczną. Wskazują na to wyniki badań Budzyńskiego i wsp. (2000), którzy odnotowali aż 20% udział w strukturze energii skumulowanej. Zdecydowanie mniej energochłonny zbiór ziarna stwierdził w badaniach Bielski (2015d), tylko od 2,9 do 5,1%, w zależności od wariantu technologii.

W podziale na strumienie energii, wysoki udział materiałów w strukturze nakładów odnotowali Klikocka i Sochajko (2011) (od 71,2 do 75,4%), Bielski (2015d) od 75,4 do 85,3% oraz Bielski i wsp. (2019) od 73,9 do 84,2%.W badaniach własnych udział strumienia nośników energii w nakładach ogółem wyniósł od 9,3 do 10,2%. Natomiast w badaniach Raczkowskiego (2010) powyższy strumień zajął zdecydowanie wyższy udział, od 17,2 do 21,5% w zależności od intensywności technologii.

Klikocka i wsp. (2012) w badaniach nad jęczmieniem jarym, odnotowali średni z trzech lat wskaźnik efektywności energetycznej na poziomie 10,21. Dopka (2004) odnotowała wyższe wartości wskaźnika efektywności energetycznej produkcji pszenżyta oziemego z obiektów nawożonych niższymi dawkami azotu, niezależnie od rodzaju uprawy przedsiewnej. Czarnocki i wsp. (2006) w badaniach nad efektywnością energetyczną różnych wariantów uprawy roli w produkcji pszenżyta ozimego otrzymali zdecydowanie niższą wartość tego wskaźnika, tylko od 1,53 do 2,16. Wielicki (1989) nadmienia, że w przeciętnych warunkach gospodarowania na 1 jednostkę nakładów energetycznych w produkcji roślinnej powinno się uzyskać około 4 jednostek energetycznych w produkcie (plonie) podstawowym.

Produkcja roślinna wiąże się nierozerwalnie z emisją gazów cieplarnianych (GHG). Emisje można ograniczyć poprzez zmianę technologii produkcji roślinnej, przeznaczenie gruntów pod uprawy mniej intensywne, a także stosowanie niższych dawek nawozów mineralnych poprzez wprowadzenie gatunków o mniejszym zapotrzebowaniu na azot (Lewandowski i Schmidt 2006, Hirel i wsp. 2011, Roques i wsp. 2017). Biorąc pod uwagę niższe wymagania dotyczące produkcji pszenżyta, należy je postrzegać jako potencjalną uprawę zapewniającą zrównoważoną intensyfikację (Tilman i wsp. 2011).

Efektywność ekonomiczna jest relacją między wartością poniesionych nakładów a wartością uzyskanych efektów. Optymalna efektywność procesów produkcyjnych zachodzi w warunkach, gdy przynoszą najlepsze w danych warunkach efekty w wymiarze produkcyjnym i ekonomicznym (Kołoszko-Chomentowska 2006). W produkcji roślinnej występuje często zróżnicowany poziom nakładów na środki produkcji, które istotnie wpływają na poziom dochodów w gospodarstwie. W celu efektywnego wykorzystania możliwości agrotechnicznych, siedliskowych oraz uzyskania maksymalnych efektów produkcyjnych i

ekonomicznych należy przeprowadzić ocenę ekonomiczną opłacalności w konkretnym gospodarstwie (Harasim i Matyka 2005, Noworolnik 2008, Jaczewska-Kalicka 2009).

Wielu autorów (m.in. Harasim 1989, Krasowicz 1999, Jaśkiewicz 2009) w celu przeprowadzenia ekonomicznej oceny efektywności technologii produkcji posługuje się uproszczoną kalkulacją, stosowaną powszechnie w ekonomice rolnictwa. Kalkulacja uproszczona, a tym samym uzyskana wartość nadwyżki bezpośredniej jest ważnym elementem oceny ekonomicznej produkcji (Ziętara 2002, Artyszak i Kucińska 2005). W kalkulacji tej są brane pod uwagę tylko koszty bezpośrednie wyliczone z iloczynu ceny poszczególnych materiałów i stosowanej dawki (materiał siewny, nawozy mineralne oraz środki ochrony roślin). Zdaniem Krasowicza (2007) o opłacalności decydują również koszty pośrednie, z reguły nie związane z poziomem plonów. Ograniczanie analizy do oceny ekonomicznej wybranych czynności i zabiegów agrotechnicznych jako elementów kosztów bezpośrednich nie daje możliwości adekwatnego wnioskowania o opłacalności produkcji ziarna zbóż. Nieróbca i wsp. (2008) sugerują, aby pełną ocenę obejmującą również koszty pośrednie produkcji przeprowadzać na terenie konkretnego gospodarstwa, gdyż każde charakteryzuje odmienne realia gospodarcze.

O rentowności produkcji pszenżyta decyduje przede wszystkim poziom plonów i ceny skupu ziarna, a także intensywność technologii produkcji, odzwierciedlający w ujęciu wartościowym zużycie obrotowych środków produkcji (Krasowicz i Nowacki 2005, Jaśkiewicz 2006c, Klepacki 2007, Jaśkiewicz 2009, Kaniuczak 2009). Wielu autorów podkreśla, że odpowiednia intensywność technologii produkcji dostosowana do warunków glebowych i klimatycznych ma kluczowy wpływ na poprawę opłacalności produkcji (Klikocka i wsp. 2011, Bielski 2015).

Coraz częściej wysokonakładowe technologie produkcji zastępowane są technologiami o niższej intensywności, w których producent umiejętnie wykorzystuje całokształt agrotechniki z kontrolowanym, ograniczonym zużyciem obrotowych środków produkcji. Często jest to powiązane ze polepszeniem efektywności ponoszonych nakładów. Ważne jest również minimalizowanie często ujemnego oddziaływania rolnictwa na środowisko przyrodnicze (Kuś i Jończyk 2009). W technologiach o niższych nakładach, często określanych jako integrowane, producent ogranicza aplikowanie chemicznych środków ochrony roślin, a dawki nawozów mineralnych określa na podstawie zasobności gleby w składniki pokarmowe (Jaśkiewicz 2014b, Korbas i Mrówczyński 2011). Dodatkowym bodźcem ograniczającym intensyfikowanie technologii produkcji, przy wysokiej

efektywności ekonomicznej są wysokie ceny środków produkcji i bardzo często ograniczone zasoby kapitału producentów (Prusiński i Skinder 2002).

Koncepcja zrównoważonego rozwoju rolnictwa implikuje zintegrowany system rolnictwa, którego podstawowym zadaniem jest osiąganie często przeciwstawnych i sprzecznych celów ekonomicznych, środowiskowych i społecznych. Rolnictwo jest działalnością, w której wykorzystuje się zasoby naturalne i środowisko naturalne do realizacji zasad zrównoważonego rozwoju, które sami rolnicy kształtują poprzez swoją działalność (Marks-Bielska i wsp. 2019). Rentowność nowoczesnych systemów rolniczych nie jest możliwa bez zmniejszenia nakładów rolniczych. Poprzez analizę porównawczą nakładów i wyników możemy ocenić efektywność technologii i efektywność zarządzania gospodarstwem.

Haliniarz i wsp. (2018) zwracają uwagę, że analiza efektów ekonomicznych w technologii produkcji pszenicy wskazuje na wyraźną przewagę technologii o mniejszej intensywności w stosunku do technologii bardziej intensywnych. Wynika to przede wszystkim z wysokich kosztów nawozów mineralnych, których nie mogły zrekompensować uzyskiwane, nawet większe plony ziarna. Analogiczna tendencja wystąpiła w badaniach własnych.

Literatura przedmiotu wskazuje nawożenie mineralne jako najbardziej kosztochłonny element agrotechniki, który często przekracza nawet 60% nakładów poniesionych na produkcję pszenżyta ozimego (Dopka 2004). Domska i wsp. (2001) poziom nawożenia mineralnego, zwłaszcza azotem, określają jako czynnik decydujący o nakładach poniesionych na produkcję roślin uprawnych. Z badań Majchrzaka i wsp. (2009) wynika, że w warunkach produkcyjnych nawozy mineralne stanowiły od 68 o 73%, a chemiczne środki ochrony roślin 16-21% bezpośrednich kosztów produkcji pszenżyta ozimego. Bielski i Falkowski (2017) stwierdzili, że w produkcji pszenżyta ozimego nawozy mineralne mają największy udział i wynoszą od 30,3 do 61,5% kosztów bezpośrednich. Kadakoglu i wsp. (2021) również stwierdzili, że nawozy mineralne mają największy udział w kosztach bezpośrednich. Inni autorzy zwracają uwagę, że wysoką efektywność produkcji można osiągnąć stosując przyjazne dla środowiska metody rolnicze i metody przetwórcze, które są mniej szkodliwe dla środowiska (Bielski 2014, Marks-Bielska 2019). Bielski i Falkowski (2017) zwrócili uwagę, że najkorzystniejsze wskaźniki ekonomiczne osiągane są stosując technologie o najwyższej wydajności.

Nasalski i wsp. (2008) stwierdzili bardzo niski wskaźnik opłacalności bezpośredniej w produkcji pszenicy ozimej w systemie konwencjonalnym. Wartość wskaźnika wahała się w

zakresie od 1,2 do 1,8. W badaniach Bielskiego (2014) nad pszenżytem ozimym, wskaźnik opłacalności bezpośredniej był wyraźnie wyższy i wynosił od 2,98 w technologii najniższego plonu do 3,10 w technologii o najwyższym poziomie nakładów. Podobne wyniki badań odnotowały Jaśkiewicz i wsp. (2021). Najkorzystniejszym wariantem uprawy pszenżyta ozimego była technologia uprawy z zastosowaniem uprawy konwencjonalnej (płużnej) i dawki nawożenia azotem na poziomie na poziomie 120 kg $N \cdot ha^{-1}$. Również z wcześniejszych wyników badań Jaśkiewicz i Sułek (2018) dotyczących nadwyżki bezpośredniej wynika, że technologia produkcji pszenżyta ozimego o wyższym poziome intensywności charakteryzowała się wyższą wartością nadwyżki bezpośredniej nad technologią o mniejszym zużyciu środków produkcji. Natomiast Grabiński i wsp. (2008) zaprezentowali odmienne wyniki badań. Autorzy, najwyższy wskaźnik nadwyżki bezpośredniej otrzymali przy ograniczonym wykorzystaniu środków produkcji.

6. WNIOSKI

1. Układ warunków wilgotnościowych i termicznych w latach badań wywierał istotny wpływ na plonowanie pszenżyta ozimego. Największe, średnie plony ziarna obu odmian otrzymano w trzecim roku badań (86,7 dt·ha^{-1}). Wielkość plonu była istotnie większa w porównaniu do uzyskanych w pierwszym i drugim cyklu badań, odpowiednio o 3,5 i 32,1%. Warunki pogodowe wpływały istotnie na kształtowanie elementów składowych plonu i jakości ziarna oraz porażenia roślin pszenżyta ozimego przez patogeny.
2. Odmiany pszenżyta ozimego różniły się statystycznie poziomem plonowania. Półkarłowa odmiana Twingo cechowała się o 3,6% niższym plonowaniem niż tradycyjna odmiana Panteon. Obie odmiany cechowała zbliżona zmienność plonu w latach badań.
3. Średnie plony ziarna pszenżyta pod wpływem nawożenia azotem wzrastały istotnie do dawki 150 kg N·ha^{-1} (nawożenie wg 1½ Nmin). Aplikacja regulatora wzrostu i biostymulatora wzrostu wpłynęły korzystnie na plonowanie pszenżyta ozimego, jednak bez potwierdzonej istotnej różnicy. Wzrastająca dawka azotu korzystnie wpłynęła na liczbę kłosów na jednostce powierzchni oraz liczbę ziaren w kłosie.
4. Nawożenie azotem przyczyniło się do istotnego wzrostu porażenia roślin pszenżyta ozimego przez *Blumeria graminis* i *Fusarium* spp. Aplikacja biostymulatora wzrostu istotnie ograniczyła występowanie wszystkich chorób na roślinach pszenżyta ozimego.
5. Poziom intensywności ochrony przed chorobami (zaprawianie ziarna oraz jeden lub dwa zabiegi nalistne fungicydem w okresie wegetacji) istotnie różnicował plon ziarna pszenżyta ozimego. Istotne znaczenie statystyczne miała dopiero pełna ochrona fungicydowa.
6. Pszenżyto ozime tradycyjnej odmiany Panteon w porównaniu z krótkosłomą odmianą Twingo charakteryzowało zdecydowanie lepszą zwartością łanu i masą 1000 ziaren ale niższą liczbą ziaren w kłosie. Ziarno odmiany Panteon było istotnie zasobniejsze w porównaniu do odmiany Twingo w białko surowe, potas i żelazo. Pozostały skład chemiczny ziarna nie różnił się istotnie między odmianami.
7. Nawożenie azotem istotnie wpłynęło na zawartość w ziarnie pszenżyta ozimego białka surowego, skrobi i tłuszczu oraz koncentrację fosforu, miedzi, żelaza, mnganu i cynku.
8. Poziom ochrony fungicydowej istotnie różnicował zawartość białka surowego, skrobi, wapnia, miedzi, żelaza, mangau i cynku.
9. Całkowite nakłady energetyczne poniesione w zróżnicowanych technologiach produkcji pszenżyta ozimego wynosiły od 16,2 GJ·h^{-1} do 21,3 GJ·h^{-1}. Zwiększając poziom intensywności technologii produkcji pszenżyta ozimego uzyskano mniej korzystne

wskaźniki efektywności energetycznej. Przyrost wartości energetycznej plonu ziarna pszenżyta nie rekompensował zwiększonych nakładów energetycznych poniesionych na jego uzyskanie.

10. W warunkach ekonomicznych I kwartału 2023 roku, niezależnie od odmiany, koszt jednostkowy, nadwyżka bezpośrednia i dochód z produkcji pszenżyta ozimego był wyższy w technologii wysokonakładowej. Natomiast wskaźnik opłacalności przyjmował korzystniejsze wartości w technologii integrowanej.

7. SPIS PIŚMIENNICTWA

1. Abbasi A., Shekari F., Mousavi S.B, Sabaghnia N. 2016. Assessment of the effect of zinc sulfate bio fortification on the quality and quantity characteristics of spring wheat cultivars. Adv. Biores., 7: 18-25.
2. Achremowicz B., Ceglińska A., Gambuś H., Haber T., Obiedziński M. 2014. Technologiczne wykorzystanie ziarna pszenżyta. Post. Tech. Przetw. Spoż., 1: 113–120.
3. Adamiak E., Zawiślak K., Adamiak J. 2000. Reakcja pszenżyta ozimego na sześcioletnią monokulturę. Folia Univ. Agric. Stetin., 206: 9-14.
4. Adamiak J., Adamiak E., Bruderek A. 2008. The effect of Unix 75 wg fungicide on grain yield of winter triticale cultivated in crop rotation and long term monoculture. Prog. Plant Prot., 1, 255-258.
5. Agudelo R.A., García-Aparicio M.P., Görgens J.F. 2016. Steam explosion pretreatment of triticale (× *Triticosecale* Wittmack) straw for sugar production. New Biotechnol., 33: 153-163.
6. Aguirre A. Badiali O., Cantarero M., Leon A., Ribotta P., Rubiolo O. 2002. Relationship of test weight and kernel properties to milling and baking quality in Argentine triticales. Cereal Res. Commun., 30: 203-208.
7. Akçura M., Taner S., Kaya Y. 2011. Evaluation of bread wheat genotypes under irrigated multi-environment conditions using GGE biplot analyses. Zemdirbyste-Agriculture, 98(1): 35-40.
8. Akgun I., Altindal D. 2015. Determination of macro and micro nutrient concentrations at different growth stages in triticale cultivar/lines. Int. J. Sci. Knowl., 4(1)1: 3-10.
9. Alaru M., Laur Ü., Eremeev V., Reintam E., Selge A., M. 2009. Winter triticale yield formation and quality affected by N rate, timing and splitting. Agric. Food Sci., 18: 76-90.
10. Alaru M., Laur U., Jaama E. 2003. Influence nitrogen and weather conditions on the grain quality of winter triticale. Agronomy Research, 1: 3-10.
11. Alaru M., Møller B., Hansen Ă. 2004. Triticale yield formation and quality influenced by different N fertilisation regimes. Agronomy Research, 2(1): 3-12.
12. Alijošius S., Švirmickas G. J., Bliznikas S., Gružauskas R., Šašytė V., Racevičiūtė-Stupelienė A., Kliševičiūtė V., Daukšienė A. 2016. Grain chemical composition of different varieties of winter cereals. Zemdirbyste- Agriculture, 103 (3): 273-280.
13. Ambriz-Vidal T.N., Mariezcurrena-Berasain M.D., Heredia-Olea E., Pinzon Martinez D.L., Gutierrez-Ibañez A.T. 2019. Potential of triticale (X *Triticosecale* Wittmack) malts for beer wort production. J. Am. Soc. Brew. Chem., 77(4): 282-286.
14. Ammar K., Mergoum M., Rajaram S. 2004. The history and evolution of triticale, in: Triticale improvement and production. Eds. M. Mergoum, H. Gomez Macpherson. Rome, FAO Plant Production and Protection Paper, 1-10.
15. Amon T., Amon B., Kryvoruchko V., Machmuller A., Hopfner-Sixt K., Bodiroza V., Hrbek R., Friedel J., Pötsch E., Wagentristl H. 2007. Methane production through anaerobic digestion of various energy crops grown in sustainable crop rotations. Bioresour. Technol. 98: 3204-3212.
16. Aprodu I., Horincar G., Andronoiu D.G., Banu I. 2019. Technological performance of various flours obtained through multigrain milling. Innov. Food Sci. Emerg. Technol., 55: 27-34.
17. Arendt E.K., Zannini E. 2013. Cereal grains for the food and beverage industries. WP Series in Food Science, Technology and Nutrition: 201-219.
18. Arseniuk E., Goral T. 2015. Triticale biotic stresses – known and novel foes. W: Eudes F. (red.) Triticale. Springer, Berlin, ss. 83-108.
19. 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, ss. 76–77.
20. Artyszak A., Kucińska K. 2005. Zmiany nadwyżki bezpośredniej w produkcji fasoli na suche nasiona po rozszerzeniu Unii Europejskiej. Stow. Ekonom. Rol. i Agrobiznesu. Rocz. Nauk. VII(1): 7-9.

21. Bailey K., Lazarovits G. 2003. Suppressing soil-borne diseases with residue management and organic amendmebts. Soil Tillage Res., 72: 169-180.
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. Bassu S., Asseng S., Richards R. 2011. Yield benefits of triticale traits for wheat under current and future climates. Field Crops Res., 124: 14-24.
24. Bednarek W., Tkaczyk P., Dresler S. 2008. Zawartość metali ciężkich jako kryterium oceny jakości ziarna pszenicy ozimej. Acta Agrophys., 12(2): 315-326.
25. Beltranena E., Salmon D.F., Goonewardene A., Zijlstra R.T. 2008. Triticale as a replacement for wheat in diets for weaned pigs. Can. J. Anim. Sci., 88: 631-635.
26. 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 minimise lodging in wheat. Field Crops Res., 67: 59-81.
27. Bertelsen J.R., de Neergaard E., Smedegaard-Petersen V. 2001. Fungicidal effects of azoxy-strobin and epoxiconazole on phylosphere fungi, senescence and yield of winter wheat. Plant Pathology, 50: 190-205.
28. Biberdžić M., Jelić M., Knežević B., Barać S., Maksimović G, Lalević D. 2013. The effect of climatic conditions and variety on some morphological and productivity characteristics of triticale. Res. J. Agric. Sci., 45(3): 24-29.
29. Bielski S. 2014. Economic efficiency of winter triticale grain production. Acta Sci. Pol., Oeconomia, 13(2): 17-23.
30. Bielski S. 2015a. Effect of nitrogen fertilization and fungicide protection on winter triticale wholesomeness. Acta Sci. Pol. Agricultura, 14(4): 3-14.
31. Bielski S. 2015b. Ekonomiczna efektywność zróżnicowanej intensywności ochrony fungicydowej pszenżyta ozimego. Zagadnienia Doradztwa Rolniczego, 3: 62-69.
32. Bielski S. 2015c. Yields of winter triticale under the influence of nitrogen fertilisation and fungicide application. Pol. J. Natur., 30(4): 337–348.
33. Bielski S. 2015d. Energy balance evaluation of winter triticale production. Engineering for rural development. In Proceedings of the14th International Scientific Conference Engineering for Rural Development, Jelgava, Latvia, 20–22 May 2015; pp. 552-557.
34. Bielski S. 2015e. Wpływ nawożenia azotem i ochrony fungicydowej na zawartość makroelementów w ziarnie pszenżyta ozimego. Annales UMCS w Lublinie, Agricultura, 4: 1-11.
35. Bielski S., Dubis B., Budzyński W. 2015a. Influence of nitrogen fertilisation on the technological value of semi-dwarf grain winter triticale varieties Alekto and Gniewko. Pol. J. Natur. Sc., 30(4): 325–336.
36. Bielski S., Dubis B., Jankowski K. 2015b. Efektywność energetyczna produkcji i konwersji biomasy pszenżyta ozimego na biopaliwa. Przem. Chem., 94(10): 1798-1801.
37. Bielski S., Falkowski J. 20017. Effect of the nitrogen and magnesium fertilisation onyield and economic efficiency of winter triticale production. In Proceedings of the 8th International Scientific Conference Rural Development,Akademija, Lithuania, 23-24 November 2017, 17-23.
38. Bielski S., Romaneckas K., Novikova A., Šarauskis E. 2019. Are higher input levels to triticale growing technologies effective in biofuel production system? Sustainability 11, 5915.
39. Biskupski A. 2000. Wpływ dwóch poziomów nawożenia azotem na właściwości fizyczne, przemiałowe i biochemiczne oraz wartość wypiekową odmian pszenżyta. Zesz. Nauk. AR Szczecin, Agricultura, 82, 206: 19-24.
40. Blum A. 2014. The abiotic stress response and adaptation of triticale-a review. Cereal Res Commun., 42: 359-375.
41. Bobrecka-Jamro D., Szpunar-Krok E., Błażej J., Pisarek M. 2010. Podatność rodów pszenżyta ozimego na porażenie przez wybrane patogeny i żerowanie skrzypionek (*Oulema* spp.). Prog. Plant Prot., 50(4): 1673-1678.

42. Boros D. 2002. Physico-chemical indicators suitable in selection of triticale for high nutritive value E. Arseniuk, R. Osiski (Eds.), Proceedings of the 5th International Triticale Symposium, 30 June-5 July, Plant Breeding and Acclimatization Institute, Vol. I, p. 239.
43. Borowy T. 2015. Wartość technologiczna i żywieniowa ziarna pszenżyta. Przegląd Zbożowo-Młynarski, (3): 15-16.
44. Bottalico A., Perrone G. 2002. Toxigenic *Fusarium* species and mycotoxins associated with head blight in small-grain cereals in Europe. Eur. J. Plant Pathol., 108: 611-624.
45. Brandt D.A., Brand T.S., Cruywagen C.W., 2000. The use of crude protein content to predict concentrations of lysine and methionine in grain harvested from selected cultivars of wheat, barley and triticale grown in the Western Cape region of South Africa. S. Afr. J. Anim. Sci., 30, 22-25.
46. Brzozowska I. 2006. Wpływ herbicydów i sposobu nawożenia azotem na zawartość makroelementów w ziarnie pszenżyta ozimego. Pam. Puł., 142: 9-17.
47. 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.
48. Brzozowska I., Brzozowski J. 2016. Zawartość makroelementów w ziarnie pszenżyta ozimego odmiany Grenado w zależności od metody pielęgnacji i poziomu nawożenia azotem. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 585: 35-44.
49. Brzozowska I., Brzozowski J. 2020. Effect of the sowing date and NPK fertilization on the content of macronutrients in winter triticale grain. J. Elem., 25(2): 757-770.
50. Brzozowska I., Brzozowski J., Grabowski J. 2016. The impact of weather conditions on the yield of winter triticale and content of macroelements in grain. J. Elem., 21(2): 349-359.
51. Brzozowska I., Brzozowski J., Hruszka M. 2009. Effect of various methods of weed control and nitrogen fertilisation on biological value of winter triticale grain protein. Fragm. Agron., 26(2): 16-25.
52. Brzozowski J., Brzozowska I., Hruszka M. 2008. Zawartość makroelementów w ziarnie pszenżyta ozimego w zależności od sposobu pielęgnacji i nawożenia azotem. Fragm. Agron., 3(99): 18-30.
53. Brzozowski J., Kurowski T.P., Brzozowska I. 2000. Wpływ zabiegów nawozowo-herbicydowych na stopień porażenia chorobami pszenżyta ozimego. Folia Univ. Agric. Stetin. 206, Agricultura, 82: 25-30.
54. Brzóska F., Śliwiński B. 2011. Jakość pasz objętościowych w żywieniu przeżuwaczy i metody jej oceny. Cz. I. Charakterystyka pasz objętościowych i mierniki jej jakości Wiadomości Zootechniczne, 2: 11-23.
55. Budzyński W., Dubas B., Wróbel E. 2000. Ekonomiczna i energetyczna efektywność zróżnicowanych metod uprawy i nawożenia pszenżyta ozimego. Zesz. Nauk. AR Szczecin, Roln., 206: 31-38.
56. Buraczyńska D., Ceglarek F. 2009. Plonowanie pszenżyta ozimego w zależności od przedplonu. Fragm. Agron., 26(1): 9-18.
57. Calvo P., Nelson L., Kloepper J.W. 2014. Agricultural uses of plant biostimulants. Plant Soil, 383: 3-41.
58. Cantale C., Petrazzuolo F., Correnti A., Farneti A., Felici F., Latini A., Galeffi P. 2016. Triticale for bioenergy production. Agric. Agric. Sci. Procedia 2016, 8: 609-616.
59. Cao C.F., Kong L.C., Wang J.L., Zhao B., Zhao Z. 2005. Effects of nitrogen on yield, quality and nutritive absorption of middle and strong gluten wheat. Plant Nutr. Fert. Sci., 11: 46-50.
60. Ceglińska A., Cichy H., Cacak-Pietrzak G., Haber T., Smuga W. 2006. Wykorzystanie pszenżyta jarego do produkcji pieczywa. Fol. Univ. Agric. Stetin. Agric., 247(100): 39-44.
61. Ceglińska A., Haber T. 2001. Wartość technologiczna wybranych odmian pszenżyta ozimego. Biul. IHAR, 218/219: 315-321.
62. 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., 135: 39-46.

63. Champeil A., Doré T., Fourbet J.F. 2004. *Fusarium* head blight: Epidemiological origin of the effects of cultural practices on head blight attacks and the production of micotoxins by *Fusarium* in wheat grains. Plant Sci., 166: 1389-1415.
64. Chen Y., Sharma-Shivappa R.R., Keshwani D., Chen C. 2007. Potential of agricultural residues and hay for bioethanol production. Appl. Biochem. Biotechnol, 142: 276-290.
65. Cheng S., Zhang Y., Bie T., Gao D., Zhang B. 2012. Damage of wheat Fusarium head blight epidemics and genetic improvement of wheat for scab resistance in China. Jiangsu J. Agric. Sci., 28: 938-942.
66. Chwil S. 2000. Wpływ intensywności nawożenia mineralnego na plon pszenicy ozimej oraz zawartość magnezu w glebie i roślinie. Biul. Magnezol., 5(4): 278-283.
67. Cichy H., Olejniczak J. 2010. Podatność pszenżyta ozimego na mączniaka zbóż w warunkach polowych i szklarniowych. Prog. Plant Prot., 50(4): 1779-1784.
68. Çiftci İ., Yenice E., 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, organweights, intestinal viscosity and digestive system characteristics. Anim. Feed Sci. Tech., 105:149-161.
69. 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.
70. COBORU 2021. Lista odmian roślin rolniczych wpisanych do krajowego rejestru w Polsce. https://coboru.gov.pl/Publikacje_COBORU/Listy_opisowe/LOORR%20-%20zbozowe%202021.pdf (dostęp 10.01.2022)
71. Coffey M.T., Gerrits W.J. 2009. Digestibility and feeding value of b858 triticale for swine. J. Anim. Sci., 66: 2728-2735.
72. Cook R.J. 2001. Management of wheat and barley root diseases in modern farming systems. Australas. Plant Pathol., 30: 119-126.
73. Cooper K.V., Jessop R.S. Darvey N.L. 2004. Triticale in Australia. [In] Triticale Improvement and Production, ed. by Mergoun M. and Gomez-Macpherson H. 2004. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, pp. 87-92.
74. Cwalina-Ambroziak B., Głosek-Sobieraj M., Damszel M., Stępień A. 2021. The effect of foliar fertilization with micronutrients on the incidence and severity of leaf and stem-base diseases in winter triticale (x *Triticosecale* Witmm.) and winter rye (*Secale cereale* L.). Gesunde Pflanzen, 73: 105-116.
75. Czaban J., Wróblewska B., Sułek A., Mikos M., Boguszewska E., Podolska G., Nieróbca A. 2015. Colonisation of winter wheat grain by *Fusarium* spp. and mycotoxin content as dependent on a wheat variety, crop rotation, a crop management system and weather conditions. Food Addit Contam Part A, 32: 874-910.
76. Czaban J., Wróblewska B., Sułek A., Podolska G. 2011. Wpływ różnych technologii produkcji pszenicy ozimej na zasiedlenie jej ziarna przez grzyby z rodzaju *Fusarium*. Pol. J. Agron., 5: 11-20.
77. Czajka W., Rogalski L., Kurowski T., Majchrzak B., Czajka M., Bruderek A. 2000. Zdrowotność pszenicy ozimej w zależności od sposobu chemicznej ochrony. Prog. Plant Prot., 40(2): 684-687.
78. Czajowski G., Czembor P. 2016. Pathogenicity of *Blumeria graminis* f. Sp. *Tritici* and *Blumeria graminis* f. Sp. *Triticale* causes of powdery mildew in cereals and grasses on wheat and triticale. Prog. Plant Prot., 56: 360-365.
79. Czajowski G., Karska K., Strzembicka A., 2013. Charakterystyka rodów hodowlanych pszenżyta ozimego pod względem stopnia porażenia przez *Puccinia triticina* i *Blumeria graminis*. Biul. IHAR 268: 57-69.
80. Czajowski G., Strzembicka A., Kraska K. 2011. Wirulencja populacji *Puccinia tritticina,* sprawcy rdzy brunatnej pszenicy i pszenżyta w Polsce w latach 2008-2010. Biul. IHAR, 260/261: 145-153.
81. Czarnocki S., Starczewski J., Turska E. 2006. Efektywność energetyczna różnych wariantów uprawy roli w technologii produkcji pszenżyta ozimego. Pam. Puł., 142: 43-54.

82. Czembor H.J., Czembor J.H. 2004. Pathogenicity of powdery mildew of barley (*Blumeria Graminis* f. Sp. Hordei) in Poland in 1999. Monogr. Sci. Pap., 236: 377-386.
83. Czembor H.J., Czembor J.H. 2005. Pathogenicity of powdery mildew of barley (*Blumeria Graminis* f. Sp. Hordei) in Poland in the year 2001. Monogr. Sci. Pap, 236: 183-192.
84. Czembor H.J., Domeradzka O., Czembor J.H., Mankowski D.R. 2014. Virulence structure of the powdery mildew *(Blumeria graminis)* population occurring on Triticale *(x Triticosecale)* in Poland. J. Phytopathol. 162: 499-512.
85. Czembor H.J., Doraczyńska O., Czembor J.H. 2013. Odporność odmian pszenżyta na mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* ff. ssp.) występującego w Polsce. Biul. IHAR, 267: 3-16.
86. Danyte V., Pecio A. 2009. Wpływ warunków pogodowych na porażenie zbóż ozimych patogenami liści i kłosów. Prog. Plant Prot., 49(1): 191-196.
87. Dassanayake G.D.M., Kumar A. 2012. Techno-economic assessment of triticale straw for power generation. Appl. Energy, 98: 236-245.
88. Dawson W., Bateman G. 2000. Sensitivity of fungi from cereal roots to fluquinconazole and their suppressiveness towards take-all on plants with or without fluquinconazole seed treatment in a controlled environment. Plant Pathol., 49: 477-486.
89. Dekić V., Milivojević J., Branković S. 2018. The interaction of genotype and environment on yield and quality components in triticale. Biol. Nyssana, 9: 45-53.
90. Dekić V., Milovanović M., Popović V., Milivojević J., Staletić M., Jelić, M., Perišić V. 2014. Effects of fertilization on yield and grain quality in winter triticale. Rom. Agric. Res., 31: 1-9.
91. Delogu G., Faccini N., Faccioli P., Reggiani F., Lendini M., Berardo N. 2002. Dry matter yield and quality evaluation at two phenological stages of forage triticale grown in the Po Valley and Sardinia, Italy. Field Crops Res., 74: 207-215.
92. Dennett A.L., Cooper K.V., Trethowan R.M. 2013. The genotypic and phenotypic interaction of wheat and rye storage proteins in primary triticale. Euphytica, 194: 235-242.
93. Dennett A.L., Trethovan R.M. 2013. Milling efficiency of triticale grain for commmercial flour production. J. Cereal Sci., 57: 527-530.
94. Djekić V., Milovanović M., Popović V., Milivojević J., Staletić M., Miodrag J., Perišić V. 2014. Effects of fertilization on yield and grain quality in winter triticale. Romanian Agricultural Research, 31: 175-783.
95. Djekić V., Milovanović M., Staletić M., Perisić V. 2009. Triticale implementation in nonruminant animals nutrition. Macedonian Journal of Animal Science, 2(1): 41-48.
96. 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.
97. Doohan F.M., Brennan J., Cooke B.M. 2003. Influence of climatic factors on *Fusarium* species pathogenic to cereals. Eur. J. Plant Pathol., 109: 755-768.
98. Dopka D.K. 2004. Efektywność energetyczna zróżnicowanej uprawy przedsiewnej naprzykładzie pszenżyta ozimego. Annales UMCS, Sec. E, 59(4): 2071-2077.
99. Dopka D.K. 2006. Wpływ nawożenia azotem i retardantów na plonowanie pszenżyta ozimego. Zesz. Nauk. Akad. Podl. Roln., 74-75: 25-36.
100. Doxastakis G., Zafiriadis I., Irakli M., Marlani H., Tananaki C. 2002. Lupin, soya and triticale addition to wheat flour doughs and their effect on rheological properties Food Chemistry, 77: 219-227.
101. Dubis B., Bogucka B., Smaciarz W. 2017. Th e effect of production system intensity on the yield of winter triticale (×*Triticosecale* Wittm. ex A. Camus) cultivar Alekto. Acta Sci. Pol. Agric., 16: 199-206.
102. Dubis B., Szempliński W., Jabłoński H. 2000. Reakcja pszenżyta ozimego na sposób odchwaszczania i zwalczania chorób. Folia Univ. Agric. Stetin., 82: 57-62.
103. Dubis B., Winnicki T., Budzyński W.S., Jankowski K.J. 2015. Cost-effectiveness of the production of short-straw winter triticalecultivar Alekto. Acta Sci. Pol. Agric., 14: 11-20.

104. Elangovan A.V., Bhuiyan M., Jessop R., Iji P.A. 2011. The potential of high-yielding triticale varieties in the diet of broiler chickens. Asian J. Poultry Sci, 5: 68-76.
105. Elansary H.O., Mahmoud E.A., El-Ansary D.O., Mattar M.A. 2020. Effects of water stress and modern biostimulants on growth and quality characteristics of mint. Agronomy, 10, 6.
106. El-Dahshouri M.F., El-Fouly M.M., Khalifa R.Kh.M.,El-Ghan H.M. 2017. Effect of zinc foliar application at different physiological growth stages on yield and quality of wheat under sandy soil conditions. Agric. Eng. Int., special issue 193-200.
107. Elen O. 2003. Long-term experiments with reduced tillage in spring cereals, III, Development of leaf diseases. Crop Prot., 22: 65-71.
108. Elía M., Savin R., Slafer G.A. 2016. Fruiting efficiency in wheat: physiological aspects and genetic variation among modern cultivars. Field Crops Res., 191: 83-90.
109. Elke K.A., Zannini E. 2013. Cereal grains for the food and beverage industries. Elke KA, Emanuele Z. Cereal grainsfor the food and beverage industries. [W]: Woodhead Publishing Series in FoodScience, Technology and Nutrition, nr 248. Cambridge UK: Woodhead Publishing Limited; 2013.
110. Ellmann T. 2011. Wpływ poziomu ochrony roślin, nawożenia azotem i terminu zbioru na plonowanie pszenicy ozimej. Fragm. Agron., 28(2): 15-22.
111. Erdal G., Esengün K., Erdal H., Gündüz O. 2007. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. Energy, 1: 35-41.
112. Erekul O., Köhn W. 2006. Effect of weather and soil conditions on yield components and bread-making quality of winter wheat *(Triticum aestivum* L.*)* and winter triticale (*Triticosecale* Wittm.) varieties in north-east Germany. J. Agron. Crop Sci. J., 192(6): 452-464.
113. Estrada-Campuzano G., Slafer G.A., Miralles D. J. 2012. Differences in yield, biomass and their components between triticale and wheat grown under contrasting water and nitrogen environments. Field Crops Res., 128: 167-179.
114. Eudes F. 2006. Canadian triticale biorefinery initiative, in Proceedings of the 6th International Triticale Symposium, Stellenbosch, SouthAfrica, ed. by BotesWC, BorosD, DarveyN, Gustafson R, Jessop R,Marais GF, et al ITA & SU-PBL, Stellenbosch: 85-88.
115. Faligowska A., Panasiewicz K., Szymańska G., Ratajczak K., Sulewska H., Pszczółkowska A., Kocira A. 2020. Influence of farming system on weed infestation and on productivity of narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius* L.). Agriculture, 10, 459.
116. Feledyn-Szewczyk B., Nakielska M., Jończyk K., Berbeć A.K., Kopiński J. 2020. Assessment of the suitability of 10 winter triticale cultivars (x *Triticosecale* Wittm. ex A. Camus) for organic agriculture: Polish case study. Agronomy, 10, 1144.
117. Filoda G. 2009. Zagrożenia upraw pszenżyta ozimego przez rdze. Prog. Plant Prot., (2): 623-626.
118. Fisher M.C., Hawkins N.J., Sanglard D., Gurr S.J. 2018. Worldwide emergence of resistance to antifungal drugs challenges human health and food security. Science, 360: 739-742.
119. Fones H., Gurr S. 2015. The impact of *Septoria tritici* Blotch disease on wheat: An EU perspective. Fungal Genet. Biol., 79: 3-7.
120. Fones H.N., Bebber D.P., Chaloner T.M., Kay W.T., Steinberg G., Gurr S.J. 2020. Threats to global food security from emerging fungal and oomycete crop pathogens. Nat. Food, 1: 332-342.
121. Fraś A., Gołębiewska K., Gołębiewski D., Mańkowski D.R., Boros D., Szecowka P. 2016. Variability in the chemical composition of triticale grain, flour and bread. J. Cereal Sci., 71: 66-72.
122. Fraś A., Gołębiewska K., Gołębiewski D., Mańkowski D.R., Gzowska M., Boros D. 2018a. Triticale-oat bread as a new product rich in bioactive and nutrient components. J. Cereal Sci., 82: 146-154.
123. Fraś A., Mańkowski D.R., Gołębiewski D., Gołębiewska K. 2018b. Wpływ genotypu, środowiska oraz interakcji G×E na skład chemiczny i aktywność alfa-amylazy ziarna pszenżyta ozimego. Pol. J. Agron., 35: 3-14.
124. Furman B.J. 2004. Triticale. Encyclopedia of Grain Science. Wyd. Elsevier 2004.

125. Galantini J.A., Landriscini M.R., Iglesias J.O., Miglierina A.M., Rosell R.A. 2000. The effects of crop ro-tation 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.
126. Gałązka, A., Gawryjołek, K., Grządziel, J., & Księżak, J. 2017. Effect of different agricultural management practices on soil biological parameters including glomalin fraction. Plant Soil Environment, 63(7): 300-306.
127. Gambuś H., Cygankiewicz A., Haber T., Nowotna A., Sabat R. 2000. Ocena wartości technologicznej pszenżyta ozimego z dwóch kolejnych lat uprawy. Folia Univ. Agric. Stetin. 206 Agricultura, (82): 63-66.
128. Gawęda D., Szymankiewicz K., Harasim E. 2006. Efektywność energetyczna różnych systemów uprawy roli w 3-polowym zmianowaniu. Pam. Puł., 142: 105-116.
129. Gąsiorowska B., Koc G., Buraczyńska D., Struk K. 2011. Wpływ warunków pogodowych na plonowanie zbóż uprawianych w Rolniczej Stacji doświadczalnej w Zawadach. Infr. Ekol. Ter. Wiej. PAN, 6: 91-99.
130. Gibczyńska M., Dawidowski A., Sobolewska M., Jaroszewska A., Lewandowska L. 2016. Analysis of influence farming systems on chemical composition of four variety of triticale winter (*x Triticosecale Wittm. ex A. Camus*) grain. Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin., Agric., Aliment., Pisc., Zootech, 326(38), 2: 37-46.
131. Gibson L.R., Nance C.D., Karlen D.L. 2007. Winter triticale response to nitrogen fertilization when grown after corn or soybean. Agron. J., 99: 49-58.
132. Gil Z. 1996. Wartość technologiczna odmian pszenżyta jarego i ozimego w zależności od warunków środowiska. Zesz. Nauk. AR Wroc., 298: 1-90.
133. Gil Z. 2001. Charakterystyka cech fizycznych, chemicznych i przemiałowych ziarna pszenżyta jarego i ozimego. Biul. IHAR, 220: 139-146.
134. Gill D.S., Omokanye S.T. 2016. Spring triticale varieties forage yield, nutrients compositionand suitability for beef cattle production. J. Agric. Sci., 8(10): 1-14.
135. Glatthar J., Heinisch J.J., Senn T. 2005. Unmalted triticale cultivars as brewing adjuncts: effects of enzyme activities and composition on beer wort quality Journal of the Science of Food and Agriculture, 85: 647-654.
136. Głazek M., Krzyzińska 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., 46(1): 347-353.
137. Głowacka A., Klikocka H. 2011. Porównanie efektywności energetycznej uprawy jęczmienia jarego i owsa siewnego w warunkach stosowania różnych metod regulacji zachwaszczenia. Rocz. Nauk. SERiA, 13(7): 26-30.
138. Goraj L., Mańko S. 2012. Model obliczania jednostkowych kosztów produkcji na podstawie danych Polskiego FADN, IERiGŻ- PIB, Warszawa.
139. Gowda M., Hahn V., Reif J.C., Longin C.F.H., Alheit K., Maurer H.P. 2011. Potential for simultaneous improvement of grain and biomass yield in Central European winter triticale germplasm. Field Crops Research, 121: 153-157.
140. Góral T., Wi´sniewska H., Ochodzki P., Walentyn-Góral D. 2016. Higher Fusarium toxin accumulation in grain of winter triticale lines inoculated with Fusarium culmorum as compared with wheat. Toxins, 8, 301.
141. Góral T., Wiśniewska H., Ochodzki P., Twardawska A., Walentyn-Góral D. 2020. Resistance to fusarium head blight, kernel damage, and concentration of *fusarium* mycotoxins in grain of winter triticale (x *Triticosecale* Wittmack) lines. Agronomy, 11, 16.
142. Grabiński J., Nieróbca P., Szeleźniak E., 2008. Wpływ intensywności produkcji na plonowanie zbóż w wadliwych płodozmianach. Zagadnienia ekonomiki rolnej. Inst. Ekonom. Rol. i Gosp. Żyw., 2: 88-93.
143. Gunupuru L.R., Patel J.S., Sumarah M.W., Renaud J.B., Mantin E.G., Prithiviraj B. 2019. A plant biostimulant made from the marine brown algae *Ascophyllum nodosum* and chitosan reduce Fusarium head blight and mycotoxin contamination in wheat. PLoS ONE, 14, e0220562.

144. Guzmán-Ortíz F.A., Figueroa-Cárdenas J.D., Guadarramal-Lezama A.Y., Ambriz-Vidal T.N., Román-Gutiérrez A.D., Ronquillo-de Jesús E., López-Perea P. 2018. Characterization and evaluation of modern triticale (X *Triticosecale* Wittmack) lines for malt production and craft beer brewing. Rev. Mex. Ing. Quím., 17(3): 885-896.
145. Haber T., Jakubczyk T., Lewczuk J., Leszczyński K., Sitkowski T. 1989. Wartość technologiczna polskich odmian pszenżyta. Cz. I. Fizykochemiczne cechy ziarna i mąki pszenżyta. Przem. Spoż., 43(8): 209.
146. Haber T., Lewczuk J. 1990. Wartość technologiczna polskich odmian pszenżyta. Cz. IV. Wartość wypiekowa pszenżyta. Przem. Spoż., 44 (4/5): 108.
147. Haliniarz M., Nowak A., Woźniak A., Sekutowski T.R., Kwiatkowski C.A. 2018. Production and economic effects of environmentally friendly spring wheat production technology. Pol. J. Environ. Stud., 27(4): 1523-1532.
148. Harasim A. 1989. Ocena ekonomiczna i energetyczna ogniw zmianowania z różnym udziałem jęczmienia jarego. Fragm. Agron., 4: 54-66.
149. Harasim A., Bujak K., Frant M., 2007. Wpływ uproszczeń w uprawie roli i poziomu nawożenia mineralnego na efektywność energetyczną produkcji roślinnej w płodozmianie 4-polowym. Fragm. Agron., 1: 64-71.
150. Harasim A., Matyka M. 2005. Ważniejsze elementy technologii produkcji wpływające na poziom plonowania pszenicy ozimej oraz ich zmiana w ujęciu długookresowym. Pam. Puł., 140: 59-68.
151. Harasim E., Gawęda D. 2010. Wpływ międzyplonów ścierniskowych na plonowanie i efektywność energetyczną produkcji zbóż jarych. Annal. UMCS, sec. E, (1): 64-72.
152. Hede A. 2000. A New Approach to Triticale Improvement. Mexico: CIMMYT, 21.
153. Hede A.R. 2001. A new approach to triticale improvement. p. 21–26. In Research highlights of the CIMMYT wheat program, 1999–2000. CIMMYT, Mexico, D.F.
154. Hermes J.C., Johnson R.C. 2004. Effects of feeding various levels of triticale var. Bogo in the diet of broiler and layer chickens. J. Appl. Poult. Res., 13: 667-672.
155. Hirel B., Tétu T., Lea P., Dubois F. 2011. Improving nitrogen use efficiency in crops for sustainable agriculture. Sustainability, 3: 1452-1485.
156. Horoszkiewicz-Janka J., Jajor E., Korbas M. 2012. The occurrence of winter wheat diseases depending on selected agrotechnical factors. Prog. Plant Prot., 52: 998-1004.
157. Hovmøller M.S., Walter S., Bayles R.A., Hubbard A., Flath K., Sommerfeldt N., Leconte M., Czembor P., Rodriguez-Algaba J., Thach T., Hansen J.G., Lassen P., Justesen A.F., Ali S., de Vallavieille-Pope C. 2015. Replacement of the European wheat yellow rust population by new races from the centre of diversity in the near-Himalayan region. Plant Pathol., 65: 402-411.
158. Idkowiak M., Kordas L. 2005. Uproszczenia w uprawie roli i nawożenie azotem a jakość ziarna pszenżyta ozimego. Pam. Puł., 139: 47-54.
159. Ivanova A., Tsenov N. 2014. Production potential of new triticale varieties grown in the region of Dobrudzha. Agric. Sci. Technol., 6: 243-246.
160. Iwański R., Wianeczki M., Tokarczyk G., Stankowski S., 2009. Wpływ metod konwencjonalnych i ekologicznych uprawy pszenżyta na wartość wypiekową mąk i jakość pieczywa. Folia Pomer. Univ. Techno. Stein. Agric., Aliment., Pisc. Zootech., 269(9): 19-32.
161. Jablonowski N.D., Schrey S.D. 2021. Bioenergy crops: current status and future prospects. Agronomy, 11(2): 316.
162. Jaczewska-Kalicka A. 2002. Occurrence and harmfulness of the most important diseases of winter wheat in Central Poland. J. Plant Prot. Res., 42: 93-101.
163. Jaczewska-Kalicka A. 2005. Straty plonu ziarna pszenicy ozimej powodowane przez choroby grzybowe. Prog. Plant Prot., 45(2): 722-724.
164. Jaczewska-Kalicka A. 2006. Phytosanitary condition of winter wheat grown in a conventional and ecological system. Zesz. Nauk. Akad. Roln. we Wrocławiu, Roln. LXXXVII, 540: 187-193.
165. Jaczewska-Kalicka A. 2008. Wpływ zmian klimatycznych na plonowanie i ochronę zbóż w Polsce. Prog. Plant Prot., 48(2): 415-425.

166. Jaczewska-Kalicka A. 2009. Opłacalność chemicznej ochrony pszenicy ozimej. Prog. Plant Prot., 48(2): 411-414.
167. Janušauskaite D. 2013. Spring triticale yield formation and nitrogen use efficiency as affected by nitrogen rate and its splitting. Zemdirbyste, 100: 383-392.
168. Janušauskaitė D., Ciuberkis S. 2010. Effect of different soil tillage and organic fertilizers on winter triticale and spring barley stem base diseases. Crop Protect., 29: 802-807.
169. Järvan M., Lukme L., Adamson A., Akk A. 2017. Responses of wheat yield, quality and bread-making properties on the sulphur fertilization. Acta Agriculturae Scandivanica, 6: 444-452.
170. Jaskulski D., Jaskulska I., Woźniak M., Osiński G. 2011. Assessment of variability of cereal grain quality as a component of fodder mixtures. Acta Sci. Pol., Agric., 10(4): 2011, 87-95.
171. 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.
172. Jaśkiewicz B. 2002. Określenie wymaga agrotechnicznych nowych odmian pszenżyta ozimego. Biul. IHAR, 223/224: 151-157.
173. Jaśkiewicz B. 2006a. Reakcja nowych odmian pszenżyta ozimego na czynniki agrotechniczne. Folia Univ. Agric. Stetin. Agric., 247: 63-69.
174. Jaśkiewicz B. 2006b. Regionalne zróżnicowanie produkcji pszenżyta w Polsce. W: Regionalne zróżnicowanie produkcji rolniczej w Polsce. IUNG-PIB Puławy, Raporty PIB, 3: 101–111.
175. Jaśkiewicz B. 2006c. Ekonomiczna efektywność produkcji półkarłowej formy pszenżyta ozimego. Pam. Puł., 142, 163-169.
176. Jaśkiewicz B., Hołubowicz-Kliza G., Brzóska F. (2008). Uprawa i wykorzystanie pszenżyta ozimego na paszę. Instr. Upowsz. IUNG-PIB, 145: 1-69.
177. Jaśkiewicz B. 2009. Opłacalność uprawy pszenżyta w zależności od intensywności ochrony roślin. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin, 49(1): 34-39.
178. Jaśkiewicz B. 2011. Wpływ intensywności ochrony roślin na plonowanie i elementy plonu niektórych odmian pszenżyta ozimego. Progr. Plant Prot., 51(2): 576-580.
179. Jaśkiewicz B. 2014a. Wpływ nawożenia azotem na plonowanie i zawartość białka w ziarnie odmian pszenżyta ozimego. Fragm. Agron., 31(1): 25-31.
180. Jaśkiewicz B. 2014b. Wpływ integrowanej i intensywnej technologii produkcji na plonowanie dwóch odmian pszenżyta ozimego. Fragm. Agron., 4: 28-36.
181. Jaśkiewicz B. 2015a. Wybrane aspekty uprawy pszenżyta ozimego. Studia i raporty IUNG-PIB, 44(18): 53-72.
182. Jaśkiewicz B. 2015b. Wpływ technologii produkcji na plonowanie pszenżyta ozimego w warunkach różnego udziału zbóż w strukturze zasiewów. Pol. J. Agron., 13: 11-17.
183. Jaśkiewicz B. 2016a. Regionalne zróżnicowanie pszenżyta w Polsce (Regional differences in production of triticale in Poland). Roczniki Naukowe SERiA XVIII (1): 98-105.
184. Jaśkiewicz B. 2016b. Yield of some winter triticale cultivars as affected by the tillage system. Acta. Sci. Pol., Agricultura, 15 (1): 17-27.
185. Jaśkiewicz B. 2017. Czynniki kształtujące wartość paszową ziarna pszenżyta. Pasze Przem., 2: 65-76.
186. Jaśkiewicz B. 2018. Wartość paszowa ziarna pszenżyta w zależności od czynnika pogodowego. Studia i raporty IUNG-PIB, 57(11): 23-35.
187. Jaśkiewicz B., Cyfert R. 2005. Charakterystyka i technologia uprawy odmian pszenżyta ozimego. Wyd. IUNG-PIB–IHAR–COBORU. Puławy–Radzików –Słupia Wielka: ss. 31.
188. Jaśkiewicz B., Grabiński J., Ochmian I. 2018. Productivity of winter triticale depending on type of tillage in crop rotation. Proc. 17th International Scientific Conference „Engineering for Rural Development", Jelgava, Latvia, ss. 491-496.
189. Jaśkiewicz B., Grabiński J., Ochmian I. 2019. Intensity of triticale production in different regions of Poland. In: Economic Science for Rural Development Conference Proceedings, 51: 137-143.
190. Jaśkiewicz B., Hołubowicz-Kliza G., Brzóska F. 2008. Uprawa i wykorzystanie pszenżyta ozimego na paszę. Instr. Upowsz. IUNG-PIB, 145: 1-69.

191. Jaśkiewicz B., Jasińska M. 2018. Wpływ systemu uprawy roli na plonowanie wybranych odmian pszenżyta ozimego. Fragm. Agron., 35 (2): 61-70.
192. Jaśkiewicz B., Grabiński J., Ochmian I. 2018. Productivity of winter triticale depending on type of tillage in crop rotation. Proc. 17th International Scientific Conference „Engineering for Rural Development", Jelgava, Latvia, pp. 491-496.
193. Jaśkiewicz B., Jasińska M. 2019. Zawartość makroelementów w ziarnie pszenżyta ozimego w zależności od wybranych elementów agrotechniki. Pol. J. Agron., 37: 16-21.
194. Jaśkiewicz B., Madej A., Sułek A. 2021. The economic efficiency of production of a triticale hybrid genetic line at different levels of intensity. Annals PAAAE XXIII, (4): 57-65.
195. Jaśkiewicz B., Panasiewicz K. 2020. Składniki pokarmowe w ziarnie pszenżyta ozimego w zależności od zmianowania i technologii produkcji. Agronomy Science, LXXV(2): 95-104.
196. 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, ss. 9-18.
197. Jaśkiewicz B., Sułek A. 2012. Organizacyjno-ekonomiczne uwarunkowania produkcji owsa. Roczniki Naukowe SERiA XIV, (1): 193-197.
198. Jaśkiewicz B., Sułek A. 2013. Czynniki decydujące o regionalnym zróżnicowaniu produkcji zbóż jakościowych w Polsce. Roczniki Naukowe SERiA XV, (2): 112-117.
199. Jaśkiewicz B., Sułek A. 2017. Kierunki zmian produkcji zbóż w Polsce. Roczniki Naukowe SERiA XIX (1): 66-73.
200. Jaśkiewicz B., Sułek A. 2018. Ocena ekonomiczna technologii produkcji pszenżyta ozimego o różnym poziomie intensywności. Roczn. Nauk. SERiA, XX(5): 69-73.
201. Jaśkiewicz B., Szczepanek M. 2016. Crop management and variety have influence on alkylresolcinol content in triticale grain. Acta Agric. Scand. Section B, 66(7): 570-574.
202. Jurgowska H., Rogóż A., Wojciechowicz T. 1992. Zawartość składników mineralnych w roślinach w zależności od wilgotności gleby. Cz. I. Makroelementy. Acta Agraria et Silvestria, Agraria, 30: 29-35.
203. Kadakoglu B., Karli B., Gül M., Özuygur A. 2021. Economic analysis of triticale production: a case study of Corum province, Turkey. Management, Economic Engineering in Agriculture & Rural Development, 21(3): 483-490.
204. Kalnina S., Rakcejeva T., Kunkulberga D., Galoburda R. 2015. Rheological properties of whole wheat and whole triticale flour blends for pasta production. Agron. Res., 13(4): 948-955.
205. Kandrokov R.H., Pankratov G.N., Meleshkina E.P. Vitol I.S., Tulyakov D.G. 2019. Effective technological scheme for processing triticale (*Triticosecale* L.) grain into graded flour. Foods Raw. Mater., 7(1): 107-117.
206. Kaniuczak Z. 2009. Efektywność ekonomiczna chemicznych zabiegów zwalczania szkodników i chorób zbóż. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin, 49(1), 40-50.
207. Kaniuczak Z. 2010. Skuteczność biologiczna oraz wskaźniki ekonomiczne chemicznego zwalczania szkodników w pszenżycie jarym. Prog. Plant Prot., 50 (1): 29-33.
208. Kara B., Uysal N. 2009. Influence on grain yield and grain protein content of late season nitrogen application in triticale. J. Anim. Vet. Adv., 8(3): 579-586.
209. Ketterings Q.M., Swink S. N., Duiker S.W., Czymmek K.J., Beegle D.B., Cox W.J. 2015. Integrating cover crops for nitrogen management in corn systems on northeastern US dairies. Agron. J., 107: 1365-1376.
210. Khan F.U., Mohammad F., Raziuddin Z., Shah M., Ahmad M., Shah Z. 2017. Genotypic differences and genotype × nitrogen interactions for yield traits in bread wheat. J. Anim. Plant Sci. 27: 1264-1268.
211. Kim K.S., Anderson J.D., Webb S.L., Newell M.A., Butler T.J. 2017. Variation in winter forage production of four small grain species-oat, rye, triticale, and wheat. Pak. J. Bot., 49: 553-559.
212. Kindred D., Weightman R., Roques S., Sylvester-Bradley R. 2010. Low nitrogen input cereals for bioethanol production. Asp. Appl. Biol., 101: 37-44.

213. Kindred D.R., Sylvester-Bradley R. 2010. Routes to reducing the N requirements of high yielding wheat crops. Asp. Appl. Biol.,105: 97-106.
214. Kirchev H., Georgieva R. 2017. Genotypic plasticity and stability of yield components in triticale (x *Triticosecale* Wittm.). Scientific Papers. Series A. Agronomy, 60, 285-288.
215. Klepacki B. 2007. Niematerialne czynniki rozwoju rolnictwa polskiego. Rocz. Nauk. SERiA, IX(1), 231-235.
216. Klikocka H., Głowacka A., Juszczak D. 2011. Wpływ zróżnicowanych sposobów uprawy roli i nawożenia mineralnego na efekty ekonomiczne uprawy jęczmienia jarego. Fragm. Agron., 28 (2): 44-54.
217. Klikocka H., Głowacka A., Juszczak D., Cybulska M., Michałkiewicz G., Pawliszak R. 2012. Energochłonność produkcji jęczmienia jarego w warunkach zróżnicowanej uprawy roli i nawożenia mineralnego. Fragm. Agron., 29(3): 71-80.
218. Klikocka H., Kasztelan A., Zakrzewska A., Wyłupek T., Szostak B., Skwaryło-Bednarz B. 2019. The energy efficiency of theproduction and conversion of spring triticale grain into bioethanol. Agronomy 9, 423.
219. Klikocka H., Sachajko J. 2011. Kompleksowa ocena agrotechnologii ziemniaka i pszenżyta jarego. Acta Agrophysica, 195.
220. Klikocka H., Szostak B., Gaj R., Głowacka A., Narolski B. 2015. Pobranie fosforu z ziarnem pszenżyta jarego na tle uprawy roli i nawożenia mineralnego oraz właściwości chemicznych gleby. Pol. J. Agron., 21: 3-10.
221. Klocke B., Flath K., Miedaner T. 2013. Virulence phenotypes in powdery mildew *(Blumeria graminis)* populations and resistance genes in triticale (x *Triticosecale*). Eur. J. Plant Pathol., 137: 463-476.
222. 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.
223. Knapowski T., Ralcewicz M., Barczak B., Kozera W. 2009. The effect of fertilization with nitrogen and zinc on the bread-making quality of spring triticale cultivated in the Noteć Valley. Pol. J. Environ. Stud., 18: 227-233.
224. Knapowski T., Ralcewicz M., Spychaj-Fabisiak E., Murawska B. 2012. Effect of the rate of nitrogen and zinc on the zinc and copper accumulation in grain of spring triticale cultivar Kargo. J. Elem., 17(3): 421-429.
225. Kociuba W. 2007. Charakterystyka zasobów genowych pszenżyta zgromadzonych w latach 1998-2005. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 517(1): 369-377.
226. Kociuba W. 2010. Charakterystyka zbiorów kolekcyjnych pszenżyta jako mieszańca międzyrodzajowego. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 555: 237-247.
227. Kociuba W., Kramek A. 2014. Variability of yield traits and disease resistance in winter triticale genetic resources accessions. Acta Agrobot., 67(2): 67-76.
228. Kociuba W., Kramek A., Prażak R. 2018. Genetic resources of triticale in the Polish Gene Bank. Plant Breed. Seed Sci., 77: 93-102.
229. Kolomaznik K., Pecha J., Friebrova V., Janacova D., Vasek V. 2012. Diffusion of biostimulators into plant tissues. Heat Mass Transfer., 48: 1505-1512.
230. Kołoszko-Chomentowska Z. 2006. Efektywność ekonomiczno-technologiczna produkcji roślinnej. Pam. Puł., 142: 179-185.
231. Kong Z., Ye-ju L., Peng Q. 2014. Wheat generation adding in Xundian County of Yunnan Province in summer. Journal of Northeast Agricultural University, 21 (4): 1-9.
232. Kopiński J. 2011. Tendencje zmian w intensywności produkcji rolniczej w Polsce w aspekcie potencjalnych oddziaływań środowiskowych. Zesz. Nauk. SGGW. Problemy Rolnictwa Światowego, 11(1): 95-104.
233. Korbas M., Horoszkiewicz-Janka J., Jajor E. 2008. Simplified cultivation systems and the occurrence of disease offenders. Prog. Plant Prot., 48: 1431-1438.
234. Korbas M., Mrówczyński M. (red.) 2011. Metodyka integrowanej ochrony pszenżyta ozimego i jarego. Inst. Ochr. Roślin – PIB, Poznań, ss. 1-189.

235. Korver D.R., Zuidhof M.J., Lawes K.R. 2004. Performance characteristics and economic comparison of broiler chickens fed wheat- and triticale-based diets. Poult. Sci., 83: 716-725.
236. Kossatz H.L., Rose S.H., Viljoen-Bloom M., van Zyl W.H. 2017. Production of ethanol from steam exploded triticale straw in a simultaneous saccharification and fermentation process. Process Biochem., 53: 10-16.
237. Kowieska A., Lubowicki, R. Jaskowska I. 2011. Chemical composition and nutritional characteristics of several cereal grain. Acta Sci. Pol., Zootechnica, 10(2): 37-50.
238. Kozak M., Samborski S., Rozbicki J., Mądry W. 2007. Winter triticale grain yield, a comparitive study of 15 genotypes. Soil and Plant Science, 57: 263-270.
239. Kozera W., Knapowski T., Barczak B., Wszelaczyńska E., Pobereżny J., Mozolewski W., Świtkowski M. 2015. Wpływ nawożenia azotem i cynkiem na zawartość magnezu i manganu w ziarnie pszenżyta jarego. Ekologia i Technika, 23 (5): 233-237.
240. Koziara W. 1996. Wzrost, rozwój oraz plonowanie pszenżyta jarego i ozimego w zależności od czynników meteorologicznych i agrotechnicznych. Roczniki AR Poznań, 269: 1-101.
241. Koziara W., Panasiewicz K., Sulewska H., Sobieszczański R. 2015. Wpływ wybranych czynników agrotechnicznych na plonowanie i wartość siewną ziarna pszenżyta ozimego odmiany Gniewko. Fragm. Agron., 32(1): 73-81.
242. Kramek A., Kociuba W. 2014. Charakterystyka zasobów genowych pszenżyta ozimego pod względem polowej odporności na choroby grzybowe. Annales UMCS, Sectio E. LXIX, (4): 112-119.
243. Kramek A., Kociuba W. 2017. Charakterystyka zasobów genowych pszenżyta ozimego zgromadzonych w latach 2001–2016 w porównaniu do starszych materiałów kolekcyjnych. Agron. Sci., 72(4): 123-133.
244. Kramek A., Kociuba W. 2020. Wykorzystanie materiałów kolekcyjnych pszenżyta ozimego jako genetycznego źródła zawartości białka w ziarnie. Agronomy Science, LXXV(3): 81-90.
245. Kraska P., Andruszczak S., Kwiecińska-Poppe E., Pałys E. 2015. Effect of chemical crop protection on the content of some elements in grain of spelt wheat *(Triticum Aestivum ssp. spelta)*. J. Elem., 18(1): 79-90.
246. Kraska P., Pałys E. 2009. Plonowanie i skład chemiczny ziarna pszenicy ozimej uprawianej w monokulturze w warunkach zróżnicowanych dawek stosowania herbicydów. Prog. Plant Prot., 49(1): 440-444.
247. Krasowicz S. 1999. Ekonomiczna ocena płodozmianów zbożowych w różnych warunkach polowych. Rocz. Nauk. Rol., Seria G 88: 49-52.
248. Krasowicz S. 2007. Poziom plonu jako czynnik kształtujący opłacalność produkcji ziarna zbóż. IUNG-PIB Puławy, Studia i Raporty 9: 111-120.
249. Krasowicz S., Kuś J., 2010. Kierunki zmian w produkcji rolniczej w Polsce do roku 2020 – próba prognozy. Zag. Ekon. Rol., 3: 5-18.
250. Krasowicz S., Nowacki W. 2005. Wpływ intensywności produkcji na efektywność technologii roślinnej. Pam. Puł., 140: 87-102.
251. Kučerová J. 2007. The effect of year, site and variety on the quality characteristics and bioethanol yield of winter triticale. J. I Brew., 113: 142–146.
252. Kurowski T., Adamiak E. 2001. Możliwość ograniczenia szkodliwego oddziaływania monokultury na zdrowotność i plonowanie pszenicy ozimej przez stosowanie fungicydów. Prog. Plant Prot., 41(2): 755-757.
253. Kurowski T.P., Brzozowska I., Brzozowski J., 2004. Wpływ stosowania różnych herbicydów i mieszanin herbicydowo-mocznikowych na stan zdrowotny pszenżyta ozimego. Annales UMCS, Sec. E, 59, 3, 1267–1274.
254. Kurowski T.P., Brzozowska I., Brzozowski J., Kurowska A. 2010. Zdrowotność pszenżyta ozimego w zależności od sposobu regulacji zachwaszczenia, nawożenia azotem i ochrony przed patogenami. Ann. UMCS, Sec. E, 65(2): 10-22.
255. Kurowski T.P., Marks M., Makowski P., Jaźwińska E. 2009. Zdrowotność pszenicy ozimej w stanowiskach po różnych sposobach dwuletniego ugorowania. Fragm. Agron., 26(3): 102-108.

256. Kuś J., Jończyk K. 2009. Produkcyjne i środowiskowe następstwa ekologicznego, integrowanego i konwencjonalnego systemu gospodarowania. J. Res. Appl. Agric. Eng., 54(3): 183-187.
257. Kuś J., Smagacz J. 1992. Porównanie plonowanie pszenżyta ozimego z innymi gatunkami zbóż w różnych stanowiskach. Fragm. Agron., 3(35): 14-21.
258. Kwiatkowski C. 2004. Plonowanie i jakość ziarna nagoziarnistego i oplewionej formy jęczmienia jarego w zależności od zróżnicowanej ochrony zasiewów. Pam. Puł., 135: 137-144.
259. Kwiatkowski C., Harasim E. 2009. Efektywność energetyczna produkcji jęczmienia jarego w płodozmianie i monokulturze. Acta Agroph., 14(1): 125-136.
260. Labudda M., Machczyńska J., Woś H., Bednarek P.T. 2011. Selected aspects of biological progress in the breeding of triticale (×*Triticosecale* WITTM. ex A. CAMUS). Post. Nauk Roln., 4: 3-10.
261. Langevin F., Eudes F., Comeau A. 2004. Effect of trichothecenes produced by Fusariumgraminearum during Fusarium head blight development in six cereal species. Eur. J. Plant Pathol., 110: 735-746.
262. Langó B., Bóna L., Acs E., Tömösközi S. 2017. Nutritional features of triticale as affected by genotype, crop year, and location. Acta Alimentaria, 46(2): 238–245.
263. Lebiedzińska A., Szefer P. 2006. Vitamins B in grain and cereal–grain food, soy-products and seeds. Food Chemistry, 95: 116-122.
264. Lemańczyk G. 2011. Choroby podsuszkowe pszenżyta ozimego w wybranych rejonach polski. Prog. Plant Prot., 51(2): 662-667.
265. Lestingi A., Bovera F., De Giorgio D., Ventrella D., Tateo T. 2010. Effects of tillage and nitrogen fertilization on triticale grain yield, chemical composition and nutritive value. J. Sci. Food Agric., 90: 2440-2446.
266. Lewandowski I., Kauter D. 2003. The influence of nitrogen fertilizer on the yield and combustion quality of whole grain crops for solid fuel use. Ind. Crops Prod., 17: 103-117.
267. Lewandowski I., Schmidt U. 2006. Nitrogen, energy and land use efficiencies of miscanthus, reed canary grass and triticale as deter-mined by the boundary line approach. Agric. Ecosyst. Environ., 112: 335-346.
268. Logrieco A., Bottalico A., Mule G., Moretti A., Perrone G. 2003. Epidemiology of toxigenic fungi and their associated mycotoxins for some mediterranean crops. Europ. J. Plant Pathol., 109: 645-667.
269. Łabętowicz J. Plan nawozowy jako narzędzie gospodarowania składnikami mineralnymi w rolnictwie. W: Produkcja i rynek zbóż, J. Rozbickiego (red.). Wyd. SGGW 2002, ss. 187-210.
270. Łozowicka B., Iwaniuk P., Konecki R., Kaczynski P., Kuldybayev N., Dutbayev Y. 2022. Impact of Diversified Chemical and Biostimulator Protection on Yield, Health Status, Mycotoxin Level, and Economic Profitability in Spring Wheat (*Triticum aestivum* L.) Cultivation. Agronomy, 12(2): 258.
271. Łozowicka B., Konecki R., Iwaniuk P., Dragowski W., Rusilowska J., Pietraszko A., Snarska K. 2019. Effect of a biostimulator and herbicidal protection on weed infestation as well as quantitative and qualitative parameters of spring wheat crop yield. Prog. Plant Prot. 59(4): 258-264.
272. Macas B. 2004. Triticale in Portugal. [In] Triticale Improvement and Production, ed. by Mergoun M. and Gomez-Macpherson H. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, pp. 135-138.
273. Maćkowiak W. 2003. Ocena postępu i strategiczne kierunki hodowli pszenżyta w Polsce. Biul. IHAR, 230: 127-141.
274. 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. IHAR, 220: 99-108.
275. Mahmoud A.O. Dawood , Asem A. Amer , Zizy I. Elbialy , Ali H. Gouda. 2020. Effects of including triticale on growth performance, digestive enzyme activity, and growth-related genes of Nile tilapia (Oreochromis niloticus). Aquaculture, 52, 735568.

276. Maignan V., Geliot P., Avice J.-C. 2021. Glutacetine® biostimulant applied on wheat under contrasting field conditions improves grain number leading to better yield, upgrades n-related traits and changes grain ionome. Plants, 10, 456.
277. Majchrzak B., Chodorowski B., Dubis B., Okorski A. 2006. Choroby liści i kłosów pszenicy ozimej uprawianej po różnych przedplonach z rodziny Brassicsceae. Prog. Plant Prot., 46(2): 668-672.
278. Majchrzak B., Chodorowski B., Okorski A. 2005. Choroby podstawy źdźbła pszenicy ozimej uprawianej po roślinach przedplonowych z rodziny Brassicaceae. Acta Agrobotanica, 58(2): 307-318.
279. Majchrzak L., Pudełko J., Sputracz S. 2009. Opłacalność uprawy pszenicy ozimej i pszenżyta ozimego w warunkach produkcyjnych w latach 2005-2007. Fragm. Agron., 26(2): 81-88.
280. Makarska E., Ciołek A., Kociuba W. 2010. Influence of parental forms on changes in the content of mineral elements in grain of new winter triticale hybrid strains. J. Elem., 15(1): 131-140.
281. Małecka I. Blecharczyk A., Sawinska Z. 2004. Effect of tillage systems and nitrogen fertilization on winter triticale yield. Ann. UMCS, Sect. E 59(1): 259-267.
282. Małecka I., Blecharczyk A., Sawinska Z., Hagedorn M. 2010. Wpływ przedplonu i nawożenia na zdrowotność pszenżyta ozimego w doświadczeniu wieloletnim. Prog. Plant Prot., 50(2): 935-938.
283. Manès Y., Gomez H. F., Puhl L., Reynolds M. P., Braun H. J., Trethowan R. 2012. Genetic yield gains of the CIMMYT international semi-arid wheat yield trialsfrom 1994 to 2010. Crop Science, 52(4): 1543-1552.
284. Manley M., McGoverin C.M., Snyders F., Muller N., Botes W.C., Fox G.P. 2013. Prediction of triticale grain quality properties, based on both chemical and indirectly measured reference methods, using nearinfrared spectroscopy. Cereal Chem., 90: 540-545.
285. Maraseni T., Chen G., Banhazi T., Bundschuh J., Yusaf T. 2015. An Assessment of direct on-farm energy use for high value grain crops grown under different farming practices in Australia. Energies, 8: 13033-13046.
286. Marks-Bielska R., Bielski S., Novikova A., Romaneckas K. 2019. Strawstocks as a source of renewable energy. A case study of a district in Poland. Sustainability, 11, 4714.
287. Martinek, P., Vinterová M., Burešová I., Vyhnánek T., 2008. Agronomic and quality characteristics of triticale (× *Triticosecale* Wittmack) with HMW glutenin subunits 5+10. J. Cereal Sci., 47: 68-78.
288. Matysiak K., Kaczmarek S. 2009. Wpływ regulatora wzrostu i rozwoju roślin trineksapak etylu oraz jego mieszaniny z chlorkiem chloromekwatu na dynamikę wzrostu i cechy morfologiczne roślin pszenżyta ozimego w zależności od poziomu nawożenia azotowego. Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin., Agric., Aliment., Pisc., Zootech., 274(12): 27-38.
289. Matysiak K., Miziniak W., Kaczmarek S., Kierzek R. 2018. Herbicides with natural and synthetic biostimulants in spring wheat. Cienc. Rural, 48, e20180405.
290. Matysiak K., Skrzypczak W., Kaczmarek S. 2013. Porównanie sposobów stosowania regulatorów wzrostu i rozwoju w życie ozimym. Fragm. Agron., 30(1): 78-91.
291. Mazurek J., Kuś J., Wilczyńska-Kostrzewa W. 1986. Wpływ chlorku chlorocholiny (CCC) i Composanu na plon nowych rodów i odmian pszenżyta oraz jego strukturę. Biul. IHAR, 159: 47-55.
292. McGoverin C.M., Snyders F., Muller N., Botes W., Foxa G., Manley M. 2011. A review of triticale use sand the effect of growth environment on grain quality. J.Sci. Food Agric., 91: 1155-1165.
293. McKenzie R.H., Bremer E., Middelton A.B., Beres B., Yoder C., Hietamaa C., Pfiffner P., Kereliuk G., Pauly D., Henriquez B. 2014. Agronomic practices for bioethanol production from spring triticale in Alberta. Can. J. Plant Sci., 94: 15-22.
294. Meale S.J., McAllister T.A. 2015. Grain for feed and energy. In Triticale; Springer International Publishing: Cham, Switzerland, ss. 167-187.

295. Mergoum M., Sapkota S., Eldoliefy A.E.A., Naraghi S.M., Pirseyedi S., Alamri M.S., AbuHammad W. 2019. Triticale (x *Triticosecale* Wittmack) Breeding. In advances in plant breeding strategies: Cereals; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, s. 405-451.

296. Mergoum M., Singh P.K., Pena A.J., Lozano del Rio A.J., Cooper K.V., Salmon D.F., Gomez-Macpherson H. 2009. Triticale: a "new" crop with old challenges. In: Carena, M.J., Cereals (Eds.), Handbook of Plant Breeding. Springer, ss. 267-287.

297. Meyer-Aurich A., Balafoutis A., Dalgaard T., de Visser C., Gołaszewski J., Mikkola H., Silva L. 2013. Energy efficiency in agriculture – opportunities, constraints and research needs. Proceedings of ISAE. 4–6.10.2013, Belgrade–Zemun, Serbia: 19-25.

298. Michalska-Klimczak B. 2010. Wymagania klimatyczne pszenicy, żyta i pszenżyta. Świat zbóż, 13: 40-41.

299. Miedaner T., Kalih R., Großmann M.S., Maurer H.P. 2016. Correlation between Fusarium headblight severity and DON content in triticale as revealed by phenotypic and molecular data. Plant Breed., 35: 31-37.

300. Milovanović M., Perishic V., Staletic M., Đekić V., Nikolic O., Prodanovic S., Lukovic K. 2014. Diallel analysis of grain number per spike in triticale. Bulg. J. Agric. Sci., 20(5): 1109-1115.

301. Mitchell, R.B., K.P. Vogel, T.J. Klopfenstein, B.E. Anderson, and R.A. Masters. 2005. Grazing evaluation of big bluestems bred for improved forage yield and digestibility. Crop Sci., 45: 2288-2292.

302. Mizak K., Pudełko R., Kozyra J., Nieróbca A., Doroszewski A., Świtaj Ł. 2011. Wyniki monitoringu suszy rolniczej w uprawach pszenicy ozimej w Polsce w latach 2008-2010. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, 11, 2(34): 95-107.

303. Mohammadi A., Rafiee S., Mohtasebi S.S., Rafiee H. 2010. Energy inputs-yield relationship and cost analysis of kiwifruit production in Iran. Renew. Energy, 35: 1071-1075.

304. 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.

305. Myer R., Lozano del Río. A.J. 2004. Triticale as animal feed. W: Triticale improvement and production. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO plant production and protection paper, 179: 49-58.

306. Mystkowska I. 2015. Biostimulators as a factor affecting the dry matter yield and starch content of edible potato tubers. Acta Agrophys., 26: 37-45.

307. Naderi S.A., Dehkordi A.L., Morteza T. 2019. Energy and environmental evaluation of greenhouse bell pepper production with life cycle assessment approach. Environ. Sustain. Indic., 3-4: 100011.

308. Naeem H.A., Darvey N.L., Gras P.W., Macritchie 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.

309. Nakurte I., Klavins K., Kirhner I., Namniece J., Adlere L., Matvejevs J., Kronberga A., Kokare A., Strazdina V., Legzdina L. Muceniece R. 2012. Discovery of lunasin peptide in triticale (× *Triticosecale* Wittmack). J. Cereal Sci., 56: 510-514.

310. Nascimento A. Jr., Baier A.C., Teixeira MC Cand Wietholter S. 2004. Triticale in Brazil, in Triticale Improvement and Production, ed. byMergoun M and Gomez-Macpherson H. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome: 93-102.

311. Nascimento A., Baier A.C., Teixeira M.C.C, Wietholter S. 2004. Triticale in Brazil. [In] Triticale Improvement and Production, ed. Mergoun M. and Gomez-Macpherson H. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, pp. 93102.

312. Nazarov T., Chen X., Carter A., See D. 2020. Fine mapping of high-temperature adult-plant resistance to stripe rust in wheat cultivar Louise. J. Plant Prot. Res., 60: 126-133.

313. Nieróbca A. 2011. Występowanie chorób na pszenżycie ozimym uprawianym w płodozmianie zbożowym w zależności od stopnia intensywności technologii produkcji. Prog. Plant Prot., 51(3): 1323-1327.

314. Nieróbca P. 2004. Wpływ nawożenia azotem, terminu siewu i ilości wysiewu na plon i elementy struktury plonu pszenżyta jarego. Biul. IHAR, 231: 231-235.
315. Nieróbca P., Grabiski J., Szeleniak E. 2008. Wpływ intensywności technologii uprawy zbóż w płodozmianie zbożowym na efektywność produkcyjną i ekonomiczną. Acta Sci. Pol., Agricultura, 7(3): 73-80.
316. Nogalska A., Czapla J., Skwierawska M. 2011. The effect of multi-component fertilizers on spring barley yield, the content and uptake of macronutrients. Pol. J. Natur. Sc., 26(2): 89-97.
317. Nogalska A., Czapla J., Skwierawska M. 2012. The effect of multi-component fertilizers on spring triticale yield, the content and uptake of macronutrients. J. Elem., 17(1): 95-104.
318. 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.
319. Noworolnik K., Jaśkiewicz B. 2018. Wpływ zróżnicowania warunków glebowych na plonowanie odmian pszenżyta ozimego. Fragm. Agron., 35(1): 62-71.
320. Noworolnik K., Terelak H. 2006. Wpływ agrochemicznych właściwości gleb na plon ziarna i białka jęczmienia jarego i owsa oraz ich mieszanki. Rocz. Glebozn. LVII 3/4: 72-79.
321. Oba M., Penner G.B., Whyte T.D. 2010. Wierenga, K. Effects of feeding triticale dried distillers grains plus soluble as a nitrogen source on productivity of lactating dairy cows. J Dairy Sci., 93: 2044-2052.
322. Obuchowski W., Banaszak Z., Makowska A., Luczak M. 2010. Factors affecting usefulness of triticale grain for bioethanol production. J. Sci. Food Agric., 90: 2506-2511.
323. Oettler G. 2005. The fortune of a botanical curiosity – Triticale: past, present and future. J. Agric. Sci., 143: 329-346.
324. Oettler G., Schmid T. 2000. Genotypic variation for resistance to *Septoria nodorum* in triticale. Plant Breed., 119: 487-490.
325. Olabi A.G. 2016. Energy quadrilemma and the future of renewable energy. Energy, 108: 1-6.
326. Onwulata C.I., Konstance R.P., Strange E.D., Smith P.W., Holsinger V.H. 2000. High-fiber snacks extruded from triticale and wheat formulations. Cereal Foods World, 45: 470-473.
327. Panasiewicz K., Koziara W., Sawinska Z., Sulewska H. 2012. Wpływ deszczowania, ochrony fungicydowej i nawożenia azotem na zdrowotność pszenżyta ozimego, odmiany Gniewko. Prog. Plant Prot., 52(2): 298-301.
328. Panasiewicz K., Koziara W., Sulewska H. 2018. Evaluation of technological quality in grain and flour of winter triticale (*Triticosecale* Wittm.) from controlled cultivation conditions. Pol. J. Nat. Sci., 33: 89-99.
329. Panasiewicz K., Sulewska H. Koziara W. 2008. Skuteczność biologicznych i chemicznych środków w ochronie pszenicy twardej przed chorobami grzybowymi. J. Res. Appl. Agric. Engin., 30, 53(4): 30-32.
330. Pandey N., Pathak G.C., Sharma C.P. 2006. Zinc is critically required for pollen function and fertilization in lentil. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology, 20: 89-96.
331. Paradikovic N., Vinkovic T., Vrcek I.V., Zuntar I., Bojic M., Medic Saric M. 2011. Effect of natural biostimulants on yield and nutritional quality: an example of sweet yellow pepper (*Capsicum annuum* L.) plants. J. Sci. Food Agric., 91: 2146-2152.
332. Parylak D. 2004. Possibilities of root and steam base diseases limitation in continuous wheat under conventional tillage and no-tillage system. J. Plant Prot. Res., 44(2): 141-146.
333. Parylak D., Kita W. 2000. Zabiegi regeneracyjne a porażenie pszenżyta ozimego w monokulturze przez choroby podstawy źdźbła. Prog. Plant Prot., 40: 627-630.
334. Parylak D., Paluch M., Wojtala-Łozowska L. 2010. Possibilities of stem base diseases limitation in winter triticale continuous crop. Prog. Plant Prot., 50(2): 695-699.
335. Parylak D., Wojtala L. 2008. Ocena wpływu dorodności i zaprawiania materiału siewnego na zdrowotność i produkcyjność pszenżyta ozimego w krótkotrwałej monokulturze. Prog. Plant Prot., 48(3): 1081-1084.

336. Pattison A.L., Appelbee M., Trethowan R.M. 2014. Characteristics of modern triticale quality: glutenin and secalin subunit composition and mixograph properties. J. Agr. Food Chem., 62(21): 4924-4931.
337. 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.
338. Paulitz T.C. 2006. Low input no-till cereal production in the Pacific Northwest of the U.S.: The challenges of root diseases. Eur. J. Plant Pathol., 115: 271-281.
339. Pawlak J. 2012. Efektywność nakładów energii w rolnictwie polskim. Roczniki nauk rolniczych. Seria G, t. 1(1): 121-128.
340. Pecio A. 2014. Nawożenie zbóż ozimych. Studia i raporty IUNG-PIB, 37(11): 69-82.
341. Pecio A., Bichoński A. 2008. Wpływ ochrony roślin przed chorobami oraz nawożenia azotem na plonowanie i jakość ziarna pszenżyta ozimego. Frag. Agron., 100: 79-87.
342. Pecio A., Bichoński A. 2010. Nitrogen fertilization and fungicide application as elements of oat production. Polish J. of Environ. Stud., 19(6): 1297-1305.
343. Pecio A., Danyte V. 2008. Wpływ warunków pogody na porażenie zbóż jarych patogenami liści i kłosów. Prog. Plant Prot., 48(2): 499-503.
344. Pejin D., Mojović L., Vučurović V., Pejin J., Denčić S., Rakin M. 2009. Fermentation of wheat andtriticale hydrolisates: a compatative study. Fuel, 88: 1625-1628.
345. Perišić V., Perišić V., Hadnađev M., Đekić V., Dapčević-Hadnađev T., Vuković S., Vukajlović F. 2019. Impact of diatomaceous earth on the rheologicalproperties of the dough of wheat, triticale, and rye flour dough. J. Stored Prod. Res., 82: 91-97.
346. Pestka J.J. 2007. Deoxynivalenol: Toxicity, mechanisms and animal health risks. Anim. Feed Sci. Technol., 137: 283-298.
347. Piekarczyk M., Jaskulski D., Galęzewski L. 2011. Effevt of nitrogen fertilization on yield and grain technological quality of some winter wheat cultivars grown on light soil. Acta Scientarium Polonorum Agricultura, 10(2): 87-95.
348. Pishgar-Komleh S.H., Omid M., Heidari M.D. 2013. On the study of energy use and GHG (greenhouse gas) emissions in greenhouse cucumber production in Yazd province. Energy, 59: 63-71.
349. Pisulewska E., Zając T., Oleksy A. 1998. Skład mineralny ziarna wybranych odmian pszenżyta ozimego w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem. Biul. IHAR 2005/206: 179-188.
350. 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.
351. Podolska G., Sułek A. 2002. Główne elementy technologii produkcji decydujące o wysokiej jakości ziarna pszenicy. Pam. Puł., 130: 597-605.
352. Podolska G., Sułek A., Stankowski S. 2002. Obsada kłosów – podstawowy parametr plonotwórczy pszenicy ozimej (artykuł przeglądowy). Acta Sci. Pol., Agricultura 1(2): 5-14.
353. Popko M., Michalak I., Wilk R., Gramza M., Chojnacka K., Gorecki H. 2018. Effect of the new plant growth biostimulants based on amino acids on yield and grain quality of winter wheat. Molecules, 23, 470.
354. Prusiński J., Skinder Z. 2002. Analiza technologii rolnych stosowanych w rejonach intensywnego rolnictwa w powiązaniu z przyrodniczą jakością rolniczej przestrzeni produkcyjnej. [W] Uwarunkowania rozwoju i koncepcje monitoringu rejonów intensywnego rolnictwa, red. S. Łojewski i Z. Skinder, 135-159. Bydgoszcz: Wyd. ATR.
355. Rachoń L., Szumiło G., Bobryk-Mamczarz A. 2018. Podatność na choroby grzybowe wybranych genotypów pszenicy ozimej w zależności od poziomu agrotechniki. Agron. Sci., 73(1): 29-39.
356. Raczkowski M. 2010. Energy expenditure in triticale cultivation with different microelements ferlilization technique. Pol. J. Natur. Sc., 25(3): 236-243.
357. Rajičić V., Popović V., Perišić V., Biberdžić M., Jovović Z., Gudžić N., Mihailović V., Đurić N., Čolić V., Terzi, D. 2020. Impact of nitrogenand phosphorus on grain yield in winter triticale grown on degraded vertisol. Agronomy, 10(6), 757.

358. Rakha A., Aman P., Andersson R. 2011. Dietary fibre in triticale grain: variation in content, composition, and molecular weight distribution of extractable commponents. J. Cereal Sci., 54: 324-331.
359. Randhawa H.S., Bona L., Graf R.J. 2015. Triticale breeding-progress and prospect. [In] Triticale. Springer International Publishing: Cham, Switzerland, ss. 15-32.
360. Ravier C., Meynard J.M., Cohan J.P., Gate P., Jeuffroy M.H. 2017. Early nitrogen deficiencies favor high yield, grain protein content and N use efficiency in wheat. Europ. J. Agron., 89: 16-24.
361. Romek B., Dzienia S. 1997. Reakcja odmian pszenżyta ozimego na retardanty wzrostu. Zesz. Nauk. AR Szczec., 175: 367-371.
362. Roques S.E., Kindred D.R., Clarke S. 2017. Triticale out-performs wheat on range of UK soil with a similar nitrogen requirement. J. Agric. Sci., 155: 261-281.
363. Rosenberger A., Kaul H.P., Senn T., Aufhammer W. 2002. Costs of bioethanol production from winter cereals: The effect of growing conditions and crop production intensity levels. Ind. Crop. Prod., 15: 91–102.
364. 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.
365. Różewicz M. 2019. Produkcja ziarna pszenżyta w Polsce i jego wykorzystanie w żywieniu drobiu. Wiadomości Zootechniczne, LVII, 4: 121-132.
366. Różewicz M. 2022. Yield, grain quality and potential use of triticale in Poland. Polish Journal of Agronomy, 49: 9-19.
367. Rudnicki F. 2000. Wyznaczanie wpływu poszczególnych elementów plonowania na różnice plonów między obiektami doświadczalnymi. Fragm. Agron., 3: 53-65.
368. Rudnicki F. 2005. Przedplony zbóż a ich plonowanie w warunkach produkcyjnych. Fragm. Agron., 2(86): 172-181
369. Rudnicki F., Kotwica K. 1994. Działanie regulatorów wzrostu w uprawie pszenżyta ozimego. Zesz. Nauk. AR Szczec., 162: 223-227.
370. 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.
371. Sade N., Del Mar Rubio-Wilhelmi M., Umnajkitikorn K., Blumwald E. 2018. Stress-induced senescence and plant tolerance to abiotic stress. Journal of Experimental Botany, 69(4): 845-853.
372. Salama H.S.A., Badry H.H. 2020. Forage and grain yields of dual-purpose triticale as influenced by the integrated use of *Azotobacter chroococcum* and mineral nitrogen fertilizer. Ital. J. Agron., 16: 1719.
373. Salmon D., Mergoum M., Gomex-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.
374. Samborski S., Gozdowski D., Rozbicki J. 2008. Wpływ nawożenia azotem na jakość ziarna odmian tradycyjnych i krótkosłomych pszenżyta ozimego. Fragm. Agron., 1(97): 372-389.
375. Samborski S., Kozak M., Mądry W., Rozbicki J. 2005. Pierwotne cechy rozwojowe w analizie składowych plonu. Cz. II. Zastosowanie dla plonu ziarna pszenżyta ozimego. Fragm. Agron., 4: 84-95.
376. Sanaei S., Stuart P.R. 2018. Systematic assessment of triticale-based biorefinery strategies: Techno-economic analysis to identify investment opportunities. Biofuels Bioprod. Bioref., 12 (Suppl. S1): 46-59.
377. Sawinska Z., Małecka I. 2007. Effect of seed treatment and foliar protection with fungicides on health status of winter wheat. Plant Protection Sci., 43: 13-18.
378. Sawinska Z., Skrzypczak G., Komar J. 2006. Skuteczność zapraw nasiennych w zwalczaniu zgorzeli podstawy źdźbła i chorób liści w uprawie pszenicy ozimej. Prog. Plant Prot., 46(2): 681-683.

379. Sawinska Z., Zawada D. 2009. Intensywność ochrony fungicydami a zdrowotność i plonowanie pszenicy ozimej. Prog. Plant Prot., 49(1): 279-283.
380. Schoeny A., Jeuffroy M., Lucas P. 2001. Influence of take-all epidemics on winter wheat yield formation and yield loss. Phytopathology, 91: 694-701.
381. Schwarte A.J., Gibson L.R., Karlen D.L., Liebman M. Jannink J. 2005. Planting date effects on winter triticale dry matter and nitrogen accumulation. Agron. Journal, 97: 1333-1341.
382. 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.
383. Shewry P.R., 2007. Improving the protein content and composition of cereal grain. J. Cereal Sci., 46: 239-250.
384. Siekaniec Ł., Bereś P.K., Kaniuczak Z. 2018. Chemiczna ochrona liści pszenżyta ozimego przed chorobamii skrzypionkami oraz jej wpływ na wskaźniki ekonomiczne uprawy w województwie podkarpackim. Prog. Plant Prot. 58, 306-313.
385. Singh H., Mishra D., Nahar N.M. 2002. Energy use pattern in production agriculture of a typical village in arid zone, Indiae part-I. Energy Convers. Manag., 43: 2275-2286.
386. Singhal P., Jan A.T., Azam M., Haq Q.M.R. 2016. Plant abiotic stress: a prospective strategy of exploiting promoters as alternative to overcome the escalating burden. Frontiers in Life Science 9 (1): 52-63.
387. Slafer G.A., Savin R., Sadras V.O. 2014. Coarse and fine regulation of wheat yield components in response to genotype and environment. Field Crop. Res., 157: 71-83.
388. Smagacz J., Martyniuk S. 2001. Infection of the stalk base and roots of winter wheat grown after various forecrops by pathogens, with particular emphasis on *Gaeumannomyces graminis*. Prog. Plant Prot., 4: 745-746.
389. Solomon P.S. Lowe G.T., Kar-Chun Tan, Waters D.C., Oliver R.P., 2006. *Stagonospora nodorum:* cause of stagonospora nodorum blotch of wheat. Molecular Plant Pathology, 7(3): 147-156.
390. Spence N., Hill L., Morris J. 2020. How the global threat of pests and diseases impacts plants, people, and the planet. Plants People Planet, 2: 5-13.
391. Spychaj-Fabisiak E., Ložek O., Knapowski T., Ralcewicz M. 2005. Ocena oddziaływanie terminu siewu i nawożenia azotem na wysokość plonu i zawartość białka ogólnego w ziarnie pszenżyta. Fragm. Agron., 22(1): 550-562.
392. Stankiewicz C. 2005. Skład aminokwasowy i wartość biologiczna białka pszenżyta jarego w zależności od gęstości wysiewu i stosowanych herbicydów. Acta Sci. Pol., Agricultura 4(1): 127-139.
393. Sukhikh I., Vavilova V., Blinov A., Goncharov N. 2021. Diversity and phenotypical effect of the allele variants of dwarfing rht genes in wheat. Russ J. Genet., 57: 127-138.
394. Sulewska H., Koziara W., Bojarczuk J. 2007. Kształtowanie plonu i jakość wybranych genotypów *Triticum durum* Desf. w zależności od nawożenia i gęstości siewu. Biul. IHAR, 245: 17-28.
395. Sułek A. 2017. Ocena ekonomiczna produkcji pszenicy ozimej z różnych grup użytkowych w zależności od intensywności technologii. Roczn. Nauk. SERiA, XIX(2): 226-231.
396. Sułek A., Podolska G., Leszczyńska D., Noworolnik K. 2007. Reakcja zbóż na nawożenie azotem. Studia i raporty IUNG-PIB., 9: 29-36.
397. Szabó L., Fodor L. 2006. Uptake of microelements by drops on heavy metal-amended soil. Comm. Soil Sc. Plant Annal., 37: 2679-2689.
398. Szmigiel A., Oleksy A., Kołodziejczyk M. 2006. Porównanie opłacalności produkcji ziarna różnych grup użytkowych pszenicy ozimej w zależności od poziomu agrotechniki. Pam. Puł., 142: 525-535.
399. 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.

400. Szwejkowski Z., Kurowski T.P. 2009. Research on the influence of weather factors on the degree of invasiveness of fungal pathogens in the environment on the example of winter wheat. Sci. Rev. Eng. Environ. Sci., 26: 102-108.
401. Szwejkowski Z., Kurowski T.P., 2003. Badania wpływu czynników pogodowych na stopień inwazyjności patogenów grzybowych w środowisku na przykładzie pszenicy ozimej. Przegl. Nauk Inż. Kształt. Środ., 26: 83-90.
402. Ścigalska B. 2006. Reakcja pszenżyta jarego odmiany Wanad na uprawę w płodozmianie i monokulturach zbożowych. Folia Univ. Agric. Stein. 257, Agricultura, 100: 207-210.
403. Ścigalska B., Łabuz B. 2008. Produkcyjność pszenżyta ozimego i jarego w płodozmianie i monokulturach zbożowych na glebie kompleksu żytniego dobrego. Fragm. Agron., 3(99): 197-205.
404. Ścigalska B., Pisulewska E., Kołodziejczyk M., 2000. Zawartość makro- i mikroelementów w ziarnie odmian pszenżyta jarego. Folia Pomeranae Universitatis Technologiae Stetinensis, Agricultura, 206(82): 287-292.
405. Świderska-Ostapiak M., Stankowski S. 2002. Wpływ nawożenia azotem i siarka na plonowanie i komponenty plonu owsa nieoplewionego i oplewionego. Zesz. Prob. Post. Nauk Roln., 484(2): 711-717.
406. Teghammar A., Karimi K., Horváth I.S., Taherzadeh M.J. 2012. Enhanced biogas production from rice straw, triticale straw and softwood spruce by NMMO pretreatment. Biomass Bioenergy, 36: 116-120.
407. Tilman D., Balzer C., Hill J., Befort B.L. 2011. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 108 (50): 20260-20264.
408. Tohver M., Kann A., Täht R., Mihhalevski A., Hakman J. 2005. Quality of triticale cultivars suitable for growing and bread-making in northern conditions. Food Chem., 89(1): 125-132.
409. Tratwal A., Walczak F. 2012. Occurrence of economically important diseases of winter wheat in Poland in 2006–2010. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska Lublin, LXVII: 28-41.
410. Trini J., Maurer H.P., Neuweiler J.E., Würschum T. 2021. Identification and fine-mapping of quantitative trait loci controlling plant height in central European winter triticale (×*Triticosecale* Wittmack). Plants, 10: 1592.
411. Troch V., Audenaert K., Bekaert B., Hofte M, Haesaert G. 2012. Phylogeography and virulence structure of the powdery mildew population on its 'new' host triticale. BMC Evol. Biol., 12: 76.
412. Tsvetkov M., Stoeva I. 2003. Bread making quality of winter hexaploid triticale (X *Triticosecale* Wittmack) in Bulgaria. Bulg. J. Agric. Sci., 9: 203-208.
413. Tyrka M., Oleszczuk S., Rabiza-Swider J., Wos H., Wedzony M., Zimny J., Ponitka A., Slusarkiewicz-Jarzina A., Metzger R.J., Baenziger P.S., Łukaszewski A.J. 2018. Populations of doubled haploids for genetic mapping in hexaploid winter triticale. Mol. Breed., 38(46): 1-15.
414. Udayanga D., Miriyagalla S.D., Herath I.S., Castlebury L.A., Ferdinandez H.S., Manamgoda D.S. 2020. Foliar pathogenic fungi: Growing threats to global food security and ecosystem health. Ceylon J. Sci., 49: 337-353.
415. Umesha S., Manukumar H.M.G., Chandrasekhar B. Sustainable agriculture and food security. In biotechnology for sustainable agriculture; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands 2018, ss. 67-92.
416. Urban S. 2015. Zmiany w produkcji pasz treściwych w Polsce. Roczniki Naukowe SERiA XVII (5): 307-311.
417. 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.
418. Van Oosten M.J, Pepe O., De Pascale S., Silletti S., Maggio A. 2017. The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. Chem. Biol. Technol. Agric., 4(1): 1-12.
419. Varughese G., Pfeiffer W.H., Peña R.J. 1996. Triticale (Part 1): A successful alternative crop. Cereal Foods World, 41, p. 475.

420. Villegas D., Casadesus J., Atienza S., Martos V., Maalouf F., Karam F., Aranjuelo I., Nogues S., 2010. Tritordeum, wheat and triticale yield components under multi-local mediterrianean drought conditions. Field Crops Research, 116: 68-74.
421. Vyhnánek T., Halouzková E., Martinek P., 2013. Glu-1 alleles and prediction of bread-making quality traits in triticale. Cereal. Res. Commun., 41(4): 562-572.
422. Wakuliński W., Zamorski Cz., Nowicki B. 2007. Podatność odmian i linii hodowlanych pszenżyta na porażenie przez *Blumeria graminis* (DC) Speer. Prog. Plant Prot., 47: 361-365.
423. 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., 45: 505-510.
424. 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 (×*Triticosecale*) in France. Plant Pathol., 60: 207-220.
425. Wang H., Wang H., Shao H., Tang X. 2016. Recent advances in utilizing transcription factors to improve plant abiotic stress tolerance by transgenic technology. Frontiers in Plant Science 7: 67.
426. Wang X., He M., Li F., Liu Y., Zhang H., Liu C. 2008. Coupling effects of irrigation and nitrogen fertilization on grain protein and starch quality of strong-gluten winter wheat. Front. Agric. China, 2: 274-280.
427. Warechowska M., Domska D. 2006. Porownanie wskaznikow przydatnosci technologicznej oraz zawartosci makroelementow w ziarnie wybranych odmian pszenzyta ozimego. Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis. Agricultura, 100: 211-216.
428. Weber R., Bujak H. 2016. Zmienność plonowania wybranych odmian pszenżyta ozimego w zależności od technologii uprawy i środowiska. Fragm. Agron., 33(1): 87-95.
429. Weber R., Hryńczuk B. 2005. Choroby podstawy źdźbła owsa i pszenżyta ozimego w zależności od sposobu uprawy wieloletniego odłogu. Fragm. Agron., 2: 249-257.
430. Weightman R.M., Davis-Knight H. 2008. Triticale as a low input cereal for alcohol production II. Potential to reduce greenhouse gas emissions relative to bioethanol from wheat. Asp. Appl. Biol., 90: 135-142.
431. Węgrzyn A., Zając G. 2008. Wybrane aspekty badań efektywności energetycznej technologii produkcji biomasy roślinnej. Acta Agroph., 11(3): 799-806.
432. Widodo A.E., Nolan J.V., Iji P.A. 2015. The nutritional value of new varieties of high-yielding triticale: Nutrient composition and in vitro digestibility. S. Afr. J. Anim. Sci. 45(1): 60-73.
433. Wielgosz 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.
434. Wielicki W. 1989. Analiza efektywności energetycznej w rolnictwie. Post. Nauk Roln., 1: 69-86.
435. Wierzbowska J., Sienkiewicz S., Bowszys T. 2010. Effect of growth regulators on the mineral balance in spring triticale. J. Elem., 15(4): 745-756.
436. Wieser H. 2007. Chemistry of gluten proteins. Food Microbiol., 24: 115-117.
437. Wiśniewska H., Kowalczyk K. 2005. Resistance of cultivars and breeding lines of spring wheat to Fusarium cumorum and powdery mildrew. J. Appl. Genet., 46(1): 35-40.
438. Wojtkowiak K., Domska D. 2009. Wpływ techniki nawożenia na wielkość i jakość plonu ziarna pszenżyta jarego. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 538: 357-363.
439. Wojtkowiak K., Stepień A., Tańska M., Konopka I., Konopka S. 2013. Impact of niotrogen fertilization on the yield and content of protein fractions in spring triticale grain. Afr. J. Agric. Res., 8(28): 3778-3783.
440. Wojtkowiak K., Stępień A., Warechowska M., Konopka I., Klasa A. 2014a. Effect of fertilisation technique on some indices of nutritional value of spring triticale grain. J. Elem., 19(1): 229-242.
441. Wojtkowiak K., Stępień A., Warechowska M., Raczkowski M. 2014b. Content of copper, iron, manganese and zinc in typical light brown soil and spring triticale grain depending on a fertilization system. J. Elem., 19(3): 833-844.

442. Wolski T., Pojmaj M.S., Banaszak Z., Czerwieńska E., Bogacki J., Marciniak K., Szołkowski A. 2000. Poprawianie wartości użytkowych pszenżyta ozimego w 30-letniej hodowli w DANKO. Biul. IHAR, 214: 95-104.
443. Wołejko E., Łozowicka B., Kaczyński P., Konecki R., Grobela M. 2017. The influence of chemical protection on the content of heavy metals in wheat (*Triticum aestivum* L.) growing on the soil enriched with granular sludge. Environ. Monit. Assess., 189, 424.
444. Woźniak A. 2002. Wpływ przedplonów na plonowanie, zachwaszczenie i zdrowotność pszenżyta jarego. Biul. IHAR, 221: 35-43.
445. Woźniak A., Makarski B. 2012. Content of minerals in grain of spring wheat cv. Koksa depending on cultivation conditions. J. Elem., 17(3): 517-523.
446. Woźnica Z., Pudełko J., Skrzypczak G., Bailey B. 1992. Wpływ retardantów wzrostu na pszenżyto ozime (*Triticale* Muntzing). Rocz. AR Poznań 235, Roln., 40: 129-137.
447. Wójtowicz A. 2012. Validation of a model for estimation appearance of symptoms caused by *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*. Prog. Plant Prot., 52: 680-683.
448. Wójtowicz A., Wójtowicz M., Sigvald R., Pasternak M. 2017. Predicting the effects of climate change on the latency period of wheat leaf rust in western Poland Section B Soil and plant science. Acta Agric. Scand., 67: 223-234.
449. Wrigley C., Bushuk W. 2017. Triticale: Grain-quality characteristics and management of quality requirements. [w:] C. Wrigley I., Batey D., Miskelly (red.), Cereal Grains Woodhead Publishing, ss. 179-194.
450. Wróbel E., Szempliński W. 2006. Sposób siewu a plonowanie odmian pszenżyta ozimego. Fragm. Agron., 4(92): 203-210.
451. Wróbel, E., Jabłoński, H., 2004. Effect of fungal diseases control methods on winter triticale yield. Acta Sci. Pol., Agricultura, 3(1): 55-61.
452. Yadav S., Gettu N., Swain B., Kumari K., Ojha N., Gunthe S.S. 2020. Bioaerosol impact on crop health over India due to emerging fungal diseases (EFDs): An important missing link. Environ. Sci. Pollut. Res., 27: 12802-12829.
453. Yi X., Cheng J., Jiang Z., Hu W., Bie T., Gao D., Li D., Wu R., Li Y., Chen S., Cheng X., Liu J., Zhang Y., Cheng S. 2018. Genetic analysis of Fusarium head blight resistance in CIMMYT bread wheat line C615 using traditional and conditional QTL mapping. Front. Plant Sci., 9, 573.
454. Zając T., Szafrański W., Gierdziewicz M., Pieniek J. 2006. Plonowanie pszenżyta ozimego uprawianego po różnych przedplonach. Fragm. Agron., 2(90): 174-183.
455. Zamorski C., Nowicki B. 2000. Podatność genotypów pszenżyta na porażenie przez *Puccinia striiformis* Westend. Folia Univ. Agric. Stetin. 206, Agricultura, 82: 335-340.
456. Zamorski C., Nowicki B., Wakulinski W., Schollenberger M. 2001. Reakcja genotypów pszenicy i pszenżyta na porażenie przez *Puccinia striiformis* Westend. Prog. Plant Prot., (2): 947-950.
457. Zarghi H., Golian A. 2009. Effect of Triticale replacement and enzyme supplementation on performance and blood chemistry of broiler chickens. J. Anim. Vet. Adv., 8(7): 1316-1321.
458. Zečević V., Knežević D., Bošković J., Milenković S. 2010. Effect of nitrogen and ecological factors on quality of winter triticale cultivars. Genetika, 42: 465-474.
459. Zhang L., Luo P., Ren Z., Zhang H. 2011. Controlling Fusarium head blight of wheat (*Triticum aestivum* L.) with genetics. Adv. Biosci. Biotechnol., 2: 263-270.
460. Zhu F. 2018. Triticale: Nutritional composition and food uses. Food Chem., 241: 468-479.
461. Ziętara W. 2002. Konkurencyjność różnych kierunków produkcji roślinnej. Pam. Puł., 130: 809-816.
462. Zinedine A., Soriano J.M., Moltó J.C., Mañes J. 2007. Review on the toxicity, occurrence, metabolism, detoxification, regulations and intake of zearalenone: An oestrogenic mycotoxin. Food Chem. Toxicol., 45: 1-18.

Reakcja pszenżyta ozimego na wybrane czynniki agrotechniczne

mgr Jan Falkowski

Streszczenie

Wyniki prezentowanych badań z pszenżytem ozimym zostały uzyskane ze ścisłych doświadczeń polowych zlokalizowanych w Zakładzie Produkcyjno-Doświadczalnym „Bałcyny" Spółka z o.o. w Bałcynach oraz polach produkcyjnych. Trzyczynnikowe doświadczenie polowe w Balcynach zrealizowano w sezonach wegetacyjnych 2016–2017, 2017–2018, 2018–2019 metodą losowanych bloków w 3 powtórzeniach. Czynnikami doświadczenia były odmiany pszenżyta ozimego (Twingo i Panteon), nawożenie azotem (1 – 0 - obiekty bez nawożenia azotem, 2 – wg zawartości Nmin w glebie, 3 – 150% dawki azotu w poziomie 2, 4 – 150% dawki azotu w poziomie 2 + retardant, 5 – 150% dawki azotu w poziomie 2 + retardant + biostymulator) oraz poziom ochrony przeciwgrzybowej (1 – zaprawa nasienna, 2 – zapr. nasienna + 1 zabieg nalistny, 3 – zapr. nasienna + 2 zabiegi nalistne). W eksperymencie polowym określono wpływ nawożenia azotem i ochrony przeciwgrzybowej na plon i jego elementy składowe, wartość paszową oraz efektywność energetyczną i ekonomiczną produkcji ziarna pszenżyta ozimego. Analizę efektywności energetycznej i ocenę ekonomiczną wykonano na podstawie wyników zebranych z pól produkcyjnych w sezonach 2017-2018 i 2018-2019.

W badanych sezonach wegetacyjnych odnotowano istotne różnice w wydajności pszenżyta ozimego. W warunkach klimatyczno-glebowych prowadzonego doświadczenia (kompleks pszenny dobry) odmiana tradycyjna Panteon plonowała statystycznie wyżej od odmiany krótkosłomej Twingo. Badane odmiany pszenżyta ozimego reagowały podobną zmiennością plonu w latach badań. Zastosowane w doświadczeniu zróżnicowane dawki nawożenia azotem różnicowały istotnie wielkość plonu ziarna pszenżyta ozimego. Najbardziej plonotwórczy w uprawie obu odmian pszenżyta ozimego (we wszystkich latach badań) był azot stosowany w ilości 150 $kg \cdot ha^{-1}$ z zastosowaniem retardanta i biostymulatora. Poziom ochrony przed chorobami istotnie różnicował plon ziarna pszenżyta ozimego. Otrzymano wyższe plony badanych odmian już po zastosowaniu jednego zabiegu nalistnego w porównaniu do plonów uzyskanych chroniąc łany tylko zaprawą nasienną. Przy pełnej dwuzabiegowej, nalistnej ochronie fungicydowej zwyżka plonu miała jedynie charakter tendencji. Odmiany pszenżyta ozimego różniły się statystycznie poziomem plonowania. Półkarłowa odmiana Twingo cechowała się o 3,6% niższym poziomem plonowania niż tradycyjna odmiana Panteon. Nawożenie azotem korzystnie wpływało na liczbę kłosów na jednostce powierzchni, liczbę ziaren w kłosie, zawartość w ziarnie białka surowego, skrobi, tłuszczu oraz zawartość fosforu oraz przyczyniło się do istotnego wzrostu porażenia roślin pszenżyta ozimego przez *Blumeria graminis* i *Fusarium* spp. Aplikacja biostymulatora wzrostu istotnie ograniczyła występowanie wszystkich chorób na roślinach pszenżyta ozimego. Poziom intensywność ochrony przed chorobami istotnie różnicował plon ziarna

pszenżyta ozimego. Poziom nawożenia azotem różnicowa zwartość fosforu, wapnia, a także cynku, żelaza, manganu i cynku. Wyższa intensywność technologii produkcji pszenżyta ozimego wpływała niekorzystnie na wskaźniki oceny energetycznej. Wyższy dochód z produkcji pszenżyta ozimego zapewniała technologia wysokonakładowa.

Słowa kluczowe: pszenżyto ozime, dawka azotu, ochrona przed chorobami, wartość paszowa, ocena energetyczna, efektywność ekonomiczna

The response of winter triticale to different agrotechnical factors

Jan Falkowski, MSc

Summary

The results of the presented dissertation with winter triticale were obtained from strict field experiments located in the Agricultural Experiment Station in Bałcyny and private fields production. A three-factor field experiment in Balcyny was carried out in the growing seasons of 2016–2017, 2017–2018, and 2018–2019 using the randomized block method in 3 repetitions. The factors of the experiment were varieties of winter triticale (Twingo and Panteon), nitrogen fertilisation (1 - 0 - objects without nitrogen fertilization, 2 - according to the Nmin content in the soil, 3 - 150% of the nitrogen dose at level 2, 4 - 150% of the nitrogen dose at level 2 + retardant, 5 - 150% of the nitrogen dose at level 2 + retardant + biostimulator) and the level of antifungal protection (1 - seed dressing, 2 - seed treatment + 1 foliar treatment, 3 - seed treatment + 2 foliar treatments). In a field experiment, the effect of nitrogen fertilization and antifungal protection on yield and its components, fodder value and energy and economic efficiency of winter triticale grain production was determined. The energy efficiency analysis and economic assessment were performed on the basis of the results collected from the production fields in the 2017-2018 and 2018-2019 seasons.

Significant differences in the yield of winter triticale were noted in the surveyed growing seasons. Under the climatic and soil conditions of the experiment (good wheat complex), the traditional variety Panteon yielded statistically higher than the short-straw variety Twingo. The tested cultivars of winter triticale reacted with similar yield variability in the years of the study. Different doses of nitrogen fertilisation used in the experiment significantly differentiated the grain yield of winter triticale. Nitrogen applied in the amount of 100 $kg \cdot ha^{-1}$ with retardant and biostimulator was the most yield-forming in the cultivation of both varieties of winter triticale (in all years of research). The level of protection against diseases significantly differentiated the grain yield of winter triticale. Higher yields of the tested cultivars were obtained after applying one foliar treatment in comparison to the yields obtained when the fields were protected only with seed dressing. With full two-treatment foliar fungicide protection, the yield increase was only a tendency. Winter triticale cultivars differed statistically in the yield level. The semi-dwarf Twingo variety was characterized by 3.6% lower yield than the traditional Panteon variety. Nitrogen fertilisation had a positive effect on the number of spikes per area unit, the number of grains per spike, the content of crude protein, starch, fat and phosphorus in the grain, and contributed to a significant increase in the infection of winter triticale plants by Blumeria graminis and Fusarium spp. of all diseases on winter triticale plants. The level of intensity of protection against diseases significantly differentiated the grain yield of winter triticale. Level of nitrogen fertilization differential content of phosphorus, calcium, as well as zinc, iron, manganese and zinc.Higher intensity of winter triticale production technology had a negative impact on energy evaluation indices. Higher income from the production of winter triticale was ensured by high-input technology.

Key words: winter triticale, nitrogen dose, disease control, fodder value, energy balance, economic efficiency