Jacek Jagielski
Ewa Spychaj-Fabisiak

PLONOWANIE I CECHY JAKOŚCIOWE ZIARNA WYBRANYCH ODMIAN PSZENICY OZIMEJ W ZALEŻNOŚCI OD STOPNIA ODSIEWU MATERIAŁU SIEWNEGO

Wydawnictwa Uczelniane
Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego
w Bydgoszczy

OPINIODAWCA
prof. dr hab. Zofia Spiak

REDAKTOR DZIAŁOWY
prof. dr hab. inż. Małgorzata Zalewska

Opracowanie redakcyjne i techniczne
mgr Dorota Ślachciak, mgr inż. Tomasz Szałajda

Projekt okładki
mgr inż. Daniel Morzyński

© Copyright
Wydawnictwa Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego
Bydgoszcz 2011

ISBN 978-83-61314-46-2

Wydawnictwa Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego
Redaktor Naczelny
prof. dr hab. inż. Józef Flizikowski
ul. Ks. A. Kordeckiego 20, 85-225 Bydgoszcz, tel. 52 3749482, 52 3749426
e-mail: wydawucz@utp.edu.pl http://www.wu.utp.edu.pl

Wyd. I. Nakład 100 egz. Ark. aut. 4,2. Ark. druk. 3,9. Zamówienie nr 13/2011
Oddano do druku i druk ukończono w grudniu 2011 r.
Zakład Małej Poligrafii UTP Bydgoszcz, ul. Ks. A. Kordeckiego 20

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP I CEL PRACY 5
2. PRZEGLĄD LITERATURY 7
2.1. Udział pszenicy ozimej w strukturze zasiewów i kierunki jej użytkowania 7
2.2. Determinanty warunkujące plonowanie i jakość ziarna pszenicy 8
2.3. Plonowanie pszenicy ozimej a wartość materiału siewnego 16
3. MATERIAŁ I METODY BADAŃ 19
3.1. Charakterystyka i warunki prowadzenia doświadczenia polowego 19
3.2. Warunki meteorologiczne 20
3.3. Charakterystyka badanych odmian pszenicy ozimej 22
3.4. Metody analiz chemicznych i sposób opracowania wyników 24
4. OMÓWIENIE WYNIKÓW I DYSKUSJA 26
4.1. Plon ziarna badanych odmian pszenicy ozimej 26
4.2. Cechy jakościowe ziarna badanych odmian pszenicy ozimej 29
4.2.1. Skład chemiczny 29
4.2.2. Wyróżniki technologiczne 36
4.3. Analiza zależności pomiędzy badanymi parametrami 44
5. WNIOSKI 52
LITERATURA 53

1. WSTĘP I CEL PRACY

Pszenica, z uwagi na duże znaczenie w życiu człowieka i wysoki potencjał plonowania, zajmuje jedną z największych powierzchni zasiewów roślin zbożowych na świecie. Dzięki cennemu składowi chemicznemu, a także wyjątkowym właściwościom wypiekowym ziarno pszenicy przeznacza się głównie na cele konsumpcyjne. Ziarno pszenicy, jako podstawowego zboża chlebowego w większości krajów świata, musi charakteryzować się właściwymi parametrami jakościowymi [Podolska i Sułek 2002]. Jednym z ważnych czynników decydujących o wielkości plonu i jakości ziarna pszenicy ozimej jest materiał siewny. Jego wartość kształtuje właściwości genetyczne i somatyczne nasion. Pierwsze zależą głównie od wyników hodowli roślin i determinują zdolności rośliny do wytwarzania optymalnego pod względem wielkości i jakości plonu w określonych warunkach środowiskowych. Z kolei wartość somatyczna nasion określana jest przez ich zdolność kiełkowania, czystość, zdrowotność oraz wigor. Poziom wigoru modyfikuje jakość genetyczną nasion, ponieważ niska wartość tej cechy nie pozwala wykorzystać ich całego potencjału genetycznego. Stosowanie do siewu ziarna o coraz niższym stopniu odsiewu w wyniku jego wielokrotnego (wieloletniego) rozmnażania powoduje degenerację odmian oraz spadek wysokości i jakości uzyskiwanego plonu [Prusiński i Kozdemba 2005]. Cechy wyznaczające wielkość plonu ziarna i jego jakość ulegają wprawdzie zmiennym czynnikom środowiska, głównie zaś warunkom klimatycznym, glebowym i nawozowym, niemniej nawet w tych przypadkach istotną rolę odgrywają uwarunkowania genetyczne [Podlaski 1999].

Świadectwo kwalifikacji jest dla rolnika wskazówką w zakresie ilości wysiewu i wymagań agrotechnicznych w stosunku do każdej odmiany. Daje to możliwość dostosowania agrotechniki ściśle do wymagań poszczególnych odmian, co wpływa na lepsze efekty ekonomiczne [Stankiewicz 1999]. Pozwala również osiągać wyższe plony, a poprzez wykorzystanie wyższego potencjału plonotwórczego nowych odmian – również wysoką jakość uzyskanego ziarna. Ziarno dobrej jakości nie jest zanieczyszczone ziarnem innych gatunków, charakteryzuje się dobrą zdrowotnością, zawiera mniej ziarna źle wykształconego [Podlaski 1987]. Dobra jakość zbioru daje większe możliwości zbycia do młynów, firm paszowych, czy wykorzystania we własnym gospodarstwie. Przetwórcy mogą produkować taniej, gdyż wyższa jakość surowca oznacza oszczędności: mniej odpadów, brak konieczności stosowania środków chemicznych, tzw. ulepszaczy.

Stosowanie wysokiej jakości surowca wyprodukowanego z kwalifikowanego materiału siewnego pozwala przetwórcy na dostosowanie się do wymogów przewidzianych prawem z zakresu produkcji żywności, a w szczególności jakości i bezpieczeństwa, które zawarte są np. w zapisach nowego Prawa Żywnościowego UE (Zarządzenie (EC) Nr 178/2002.)

Z uwagi na brak szczegółowych danych w literaturze przedmiotu, w latach 2006-2009 przeprowadzono doświadczenie polowe, którego celem była:

- ocena wpływu kwalifikowanego materiału siewnego i stopnia jego odsiewu na wielkość plonu ziarna czterech odmian pszenic ozimych: Bogatka, Zyta, Turnia, Tonacja,

- określenie, czy i na ile stopień odsiewu materiału siewnego oraz odmiana pszenicy determinują skład chemiczny ziarna oraz wartości wskaźników technologicznych ziarna i mąki,
- określenie, w jakim stopniu badane parametry kształtuje współdziałanie czynników (materiału siewnego, odmian pszenicy) i czy są od siebie zależne.

2. PRZEGLĄD LITERATURY

2.1. Udział pszenicy ozimej w strukturze zasiewów i kierunki jej użytkowania

Spośród wszystkich zbóż najwięcej uwagi poświęca się pszenicy, która dostarcza ziarno do produkcji głównej masy pieczywa w skali światowej [Sztuder i Świerczewska 2002]. Ziarno pszenicy jako surowiec chlebowy i paszowy ma znaczenie strategiczne. Na świecie uprawia się 215-230 mln hektarów pszenicy, co stanowi około 33,3% areału zajętego przez zboża [Budzyński i Szempliński 2003]. W uprawie pszenicy na świecie dominuje forma jara [Ignaczak 2000]. Powierzchnia uprawy pszenicy w Polsce systematycznie się zmniejsza i wynosi obecnie 2112 tys. hektarów, stanowiąc 25,3% areału wszystkich zbóż. W Polsce dominuje w uprawie forma ozima (1777 tys. hektarów) jako plenniejsza, a udział jarej ustalił się na poziomie 335 tys. ha. Najwyższe plony w Europie uzyskują: Irlandia (8,5 $t \cdot ha^{-1}$), Holandia (7,1 $t \cdot ha^{-1}$), Niemcy (6,9 $t \cdot ha^{-1}$), Czechy (4,8 $t \cdot ha^{-1}$) i Słowacja (3,9 $t \cdot ha^{-1}$). W Polsce średnia wielkość plonu zwiększyła się z 3,2 $t \cdot ha^{-1}$ (w roku 2000) do 3,9 $t \cdot ha^{-1}$ (w 2007) [GUS 2007]. W 2007 r. uprawa zbóż ogółem zajmowała 8,4 mln hektarów – o 28,3 tys. ha (0,3%) mniej niż w 2006 r. Areał zbóż ozimych w grupie zbóż podstawowych z mieszankami zbożowymi w 2007 r. wyniósł około 4,5 mln ha, zwiększył się w stosunku do roku 2006 o 72,9 tys. ha (o 1,7%). Zboża jare uprawiano natomiast na powierzchni 3,5 mln ha, która zmniejszyła się od roku 2006 o 55,8 tys. ha (1,6%). Areał uprawy zbóż intensywnych w 2007 r.: pszenicy, jęczmienia i pszenżyta był większy w stosunku do roku poprzedniego o około 14,0 tys. ha (0,3%). Nastąpiło zmniejszenie powierzchni zasiewów pszenicy ogółem o około 63,7 tys. ha, czyli o 2,9%, w tym pszenicy ozimej o 19,2 tys. ha (o 1,1%), a pszenicy jarej o 44,5 tys. ha (11,7%). Zmniejszenie powierzchni uprawy pszenicy spowodowało zwiększenie powierzchni uprawy pszenżyta ogółem o 66,0 tys. ha, czyli o 5,5%, przy wzroście pszenżyta ozimego o około 57,6 tys. ha, a pszenżyta jarego o 8,4 tys. ha. Areał uprawy jęczmienia zwiększył się ogółem o 11,8 tys. ha (o 1,0%), przy czym jęczmienia ozimego wzrósł o 18,2 tys. ha (11,7%), a jarego zmniejszył się o 6,4 tys. ha (0,6%). Znacznemu zwiększeniu uległa powierzchnia zasiewów owsa (o około 43,5 tys. ha), natomiast w niewielkim stopniu – o około 1,8 tys. ha – zmniejszyła się powierzchnia uprawy żyta [GUS 2007].

Generalnie lepszą jakością odznacza się ziarno odmian pszenicy jarej, ale ze względu na zdecydowanie niższe plonowanie uzasadnione jest preferowanie do uprawy na cele piekarnicze odmian ozimych. Istotną wadą odmian jarych jest także gorsza wymielność (mniejszy wyciąg mąki). Warto przy tym wskazać na istniejący pogląd, że pszenice jare odmiennie niż ozime reagują na nawożenie azotem, gdyż u tych ostatnich przy wyższych dawkach obserwuje się polepszenie przemiałowych i wypiekowych właściwości ziarna [Achremowicz i in. 1989], co prawdopodobnie związane jest z ich genetycznymi właściwościami. Biorąc pod uwagę taką ewentualność, można założyć, że odmiany pszenicy ozimej charakteryzują się lepszym wykorzystaniem nawozów mineralnych w kierunku podniesienia wartości wypiekowych.

Ziarno pszenicy to podstawowy surowiec do produkcji żywności. Produkuje się z niego mąki i kasze, różnego rodzaju pieczywa, makarony oraz wy-

roby cukiernicze. Otręby, jako produkt uboczny przemiału ziarna, znajdują zastosowanie w żywieniu człowieka, stanowiąc wartościową paszę treściwą. Ziarno jest również podstawową paszą dla drobiu, trzody chlewnej bądź cieląt. Tak duże wykorzystanie pszenicy sprawia, że jest ona ważnym elementem towarowej produkcji roślinnej gospodarstw, w tym gospodarstw ekologicznych [Kuś i Jończyk 2003, Kościelniak i Dreczka 2009].

Wartość gospodarcza odmian pszenicy oraz innych zbóż wyznaczana jest przez wiele cech i właściwości, z których do podstawowych należą wielkość i jakość plonu. Zasadniczym kryterium wyboru odmiany do uprawy jest przeznaczenie produkowanego ziarna, tak więc oczekiwania w stosunku do odmian przeznaczanych na paszę są inne niż wówczas, gdy ziarno wykorzystuje się do celów młynarsko–piekarskich. W pierwszym przypadku wymagana jest przede wszystkim wysoka plenność oraz inne korzystne cechy rolnicze i niektóre użytkowe, w drugim zaś – podstawowego znaczenia nabierają odpowiednie właściwości przemiałowe ziarna oraz wypiekowe mąki, decydujące o jakości [Zych 2005].

Wartość technologiczną odmian pszenicy ujęto w pięć grup: E – elitarna, A – jakościowa, B – chlebowa, K – na ciastka i C – pozostała, w tym paszowa. Odmiany z grup E, A, B są przydatne do wypieku chleba, przy czym formy z grupy E należy traktować jako poprawiacze. Oceny przydatności ziarna do wypieku chleba oraz grupowania odmian dokonuje się na podstawie ośmiu podstawowych wskaźników: liczby opadania, zawartości białka, wskaźnika sedymentacji, wydajności i wodochłonności mąki, rozmiękczania i energii ciasta oraz objętości chleba. Charakteryzują one właściwości ziarna, mąki, ciasta i pieczywa. Trzy pierwsze wskaźniki są oznaczane przez jednostki skupujące ziarno w celu dokonania jego oceny [Klockiewicz-Kamińska i Brzeziński 1997].

2.2. Determinanty warunkujące plonowanie i jakość ziarna pszenicy

Jednym z warunków osiągnięcia wysokich plonów zbóż jest wprowadzenie do produkcji plennych odmian o wartościowych cechach użytkowych. Najbardziej nowoczesną metodą zwiększania bądź doskonalenia jakości produkcji rolniczej jest postęp biologiczny, którego udział we wzroście plonów zbóż stale się zwiększa (obecnie szacuje się go powyżej 50%). Wyznacznikami postępu są ziarna nowych odmian, gdyż ich wartość decyduje o jakości i cechach użytkowych uzyskanego plonu [Górny i in. 2004, 2005]. Wśród wielu elementów plonotwórczych wymienić można czynniki, na które rolnik praktycznie nie ma żadnego wpływu: jakość gleb, warunki pogodowe (ilość i rozkład opadów, przebieg temperatury). Szereg czynników zależy jednak od rolnika czy hodowcy, np.: dokładność wykonania zabiegów agrotechnicznych, jakość materiału siewnego, chemiczna ochrona roślin, nawożenie, terminowość zbioru. Należy jednak zaznaczyć, że nawet najlepsza odmiana nie wyda wysokiego plonu ziarna, jeśli do siewu użyje się materiału siewnego o niskich parametrach energii i zdolności kiełkowania. O jakości nasion decydują m.in.: czystość, wartość siewna, wykształcenie ziarna, zdrowotność, cechy odmianowe i wigor ([Szajsner 2009] za [Jassem i Sadowski 2000]). Jednym ze sposobów zwiększenia plonu roślin jest również odpowiednie przygotowanie materiału siewnego [Koper i Grochowicz 1994, Podleśny 1998, Koper i Dziwulska

2003]. Nowoczesny materiał siewny musi spełniać wiele warunków decydujących o wysokości plonu, odpowiedniej jego jakości oraz odporności na stresy [Cichy i in. 2002]. Stosowane obecnie w przedsiewnym przygotowaniu materiału siewnego substancje chemiczne, głównie zaprawy nasienne i regulatory wzrostu, przenikając do wnętrza nasion, mogą modyfikować ich skład chemiczny lub po dostaniu się do gleby powodować jej skażenie [Szajsner 2009].

Jakość technologiczna ziarna jest uwarunkowana genetycznie, co wyraża się w dziedzicznych właściwościach odmiany, dlatego w większości krajów Unii Europejskiej wydziela się odmiany konsumpcyjne i wyłącznie dla nich organizuje skup [Budzyński 2000]. Obecnie uprawiane intensywne odmiany pszenic charakteryzują się dużym zapotrzebowaniem na składniki pokarmowe i mają duże wymagania co do warunków środowiskowych. Cechy wyznaczające plon ziarna ulegają wprawdzie zmiennym czynnikom środowiska, głównie zaś warunkom klimatycznym, glebowym i nawozowym, niemniej nawet w tych przypadkach istotną rolę odgrywają uwarunkowania genetyczne [Wróbel 1999, Sułek i Mazurek 2001]. Postęp w hodowli roślin i zwiększenie dawek nawozów mineralnych, zwłaszcza azotu, spowodował wzrost plonowania pszenicy. Wyższym poziomem plonowania charakteryzuje się pszenica ozima, co wynika z dłuższego okresu wegetacji i krzewienia się już w okresie jesieni. Jednak ze względu na ryzyko związane z możliwością wymarzania upraw w czasie ostrych zim należy podjąć dalsze badania nad pszenicą jarą [Fatyga 1990].

W związku z intensyfikacją produkcji rolniczej dużą uwagę zwraca się na wzrost plonu ziarna pszenicy poprzez stosowanie nowoczesnych metod uprawy, między innymi nawożenia mineralnego, które zdaniem niektórych autorów [Klupczyński i Ralcewicz 1998, Podolska i Stankowski 2001] w około 60% decyduje o jego wzroście. Wpływ nawożenia mineralnego na wysokość i jakość plonów zbóż, a przede wszystkim odpowiedniego stosowania azotu był wielokrotnie badany [Fatyga 1990, Mazurek i Sułek 1997, Klupczyński i in. 2000, Sułek i in. 2002]. W produkcji pszenicy nawożenie azotem jest jednym z podstawowych czynników plonotwórczych [Czuba i Mazur 1988, Mazurek i in. 1992, Klupczyński i Ralcewicz 1997, 1998, Jaskulski 1999], ponieważ wpływa na różnicowanie poszczególnych organów roślin stanowiących elementy struktury plonu. Rolę podstawową spełnia pierwsza dawka azotu, zwana wczesnowiosenną, stosowana przed wznowieniem wegetacji lub w jej trakcie. Wpływa ona bardzo korzystnie na liczbę źdźbeł produktywnych oraz stopień różnicowania elementów kłosa. Niezależnie od przyjętej technologii jest to dawka najważniejsza, najbardziej plonotwórcza. Jednakże zbyt obfite w tym czasie zasilenie roślin azotem może powodować wydłużenie pierwszego i drugiego międzywęźla, które są odpowiedzialne za wyleganie, a także być przyczyną nadmiernego, nieproduktywnego krzewienia roślin. Druga dawka azotu zastosowana w fazie strzelania w źdźbło zapobiega nadmiernej redukcji zawiązków kłosków i powoduje wykształcenie dużego aparatu asymilacyjnego. Zastosowana jednak zbyt wcześnie sprzyja wyleganiu oraz zwiększa podatność roślin na choroby. Trzecia dawka azotu ma na celu utrzymanie sprawności aparatu asymilacyjnego, dobre wypełnienie ziarna i zwiększenie w nim zawartości azotu [Jasińska i Kotecki 1999].

Wysokość dawki azotu uzależnia się od naturalnej żyzności gleby, wymagań odmianowych oraz od techniki nawożenia [Mazurek 1981]. Fakt, że o wysokości plonu ziarna pszenicy decydują czynniki agrotechniczne, a zwłaszcza

nawożenie azotem, znajduje potwierdzenie w piśmiennictwie [Blecharczyk i in. 1995, Wójcikiewicz i in. 1995, Jończyk 1997, Harasim 1999, Szempliński i Budzyński 1999, Szmigiel 1999, Budzyński 2000, Klupczyński i in. 2000, Kubsik 2000, Podolska 2003, Cacak-Pietrzak i in. 2004, Knapowski i Ralcewicz 2004c, Stankowski i in. 2004]. Zalecane przez autorów dawki nawozów są znacznie zróżnicowane. Z literatury przedmiotu wynika, że wzrost wysokości plonu ziarna spowodowały dawki azotu wzrastające do poziomu 120 kg·ha^{-1} [Klupczyński i Ralcewicz 1997, Kruczek i Wójtowicz 1998, Klupczyński i in. 2000, Podolska i Stankowski 2001]. Z kolei w badaniach Wróbla i Szemplińskiego [1999] pszenica ozima reagowała istotnym przyrostem plonu ziarna do dawki 160 kg N·ha^{-1}. Uzyskane dotychczas wyniki wskazują na odmienną reakcję odmian pszenicy ozimej nie tylko na uprawę w różnych systemach produkcji [Jończyk 2002], ale również na wzrastające dawki azotu [Wróbel i Szempliński 1999, Chrzanowska-Drożdż 2001, Podolska 2003]. Wynika to z różnej odporności odmian na wyleganie i porażenie przez choroby, która na ogół maleje pod wpływem zwiększania dawki azotu [Mazurek i in. 1992]. Obecnie, myśląc o intensywnej produkcji pszenic wysokojakościowych, nie można rozpatrywać plonotwórczego działania azotu bez powiązania z innymi czynnikami agrotechnicznymi, decydującymi nie tylko o wysokości uzyskanego plonu, ale również o jego jakości, co w efekcie końcowym może decydować o opłacalności uprawy.

Termin siewu jest jednym z ważniejszych czynników beznakładowych silnie wpływających na wzrost, rozwój i plonowanie pszenicy. Mechanizm oddziaływania terminu siewu związany jest głównie z reakcją fotoperiodyczną określonego genotypu [Fatyga 1990, Podolska 1997]. Warunkiem wykorzystania potencjału plonotwórczego pszenicy ozimej jest rozkrzewienie roślin przed zahamowaniem jesiennej wegetacji, co można osiągnąć tylko przy wczesnym siewie. Siew opóźniony powoduje przeniesienie fazy krzewienia na wiosnę. Krzewistość wiosenna nie jest plonotwórczo równoznaczna z jesienną [Jasińska i Kotecki 1999]. Rozkrzewienie jesienne stanowi warunek odpowiedniej zwartości kłosów i dobrego wyrównania wysokości pędu bocznego z głównym. Opóźniony siew powoduje skrócenie długości wszystkich pędów, a szczególnie bocznych z krzewienia wiosennego, co pogarsza architekturę łanu. Wczesny siew umożliwia rozpoczęcie procesu różnicowania elementów kłosa już jesienią. Pszenica, która nie osiąga fazy krzewienia jesienią, nie rozpoczyna także różnicowania stożka wzrostu przed zimą. Proces ten odbywa się dopiero na wiosnę, w warunkach szybko wydłużającego się dnia, rosnącej temperatury i zmniejszającej się wilgotności. Efektem tego jest mniejsza płodność kłosów, wynikająca dodatkowo z redukcji powierzchni asymilacyjnej roślin. Opóźnienie siewu niekorzystnie wpływa na wszystkie trzy elementy struktury plonu – liczbę kłosów, liczbę ziaren w kłosie i masę 1000 ziaren. Badania z nowymi odmianami pszenicy ozimej dowodzą, że obniżenie wartości pojedynczych elementów plonotwórczych może dochodzić do 40%, a plonu ziarna – nawet do 60% [Jasińska i Kotecki 1999]. Duże znaczenie praktyczne ma znajomość reakcji odmian na termin siewu. Z dotychczasowych badań wynika [Podolska i Mazurek 2000, Szafrański i Kulig 2001, Sainis i in. 2006, Theobald i in. 2006], że reakcja poszczególnych odmian pszenicy na opóźnienie terminu siewu jest wyraźnie zróżnicowana. Zauważono, że dla jednych odmian nawet niewielkie opóźnienie terminu siewu powoduje istotny spadek plonu ziarna, natomiast dla innych taką tendencję stwierdzono dopie-

ro po siewach bardzo późnych. Badania Podolskiej [1997] wykazały, że dwutygodniowe opóźnienie terminu siewu nie powodowało udowodnionego statystycznie spadku plonu ziarna, a istotne różnice wystąpiły tylko przy siewie opóźnionym o cztery tygodnie w stosunku do optymalnego. W doświadczeniach przeprowadzonych przez Jończyka [1998] opóźnienie terminu siewu pszenicy ozimej o dwa tygodnie w porównaniu z optymalnym spowodowało natomiast istotne obniżenie plonu ziarna na glebach kompleksu pszennego dobrego o około 7%, a kompleksu żytniego bardzo dobrego o około 13%. Podobnie w badaniach Knapowskiego i Ralcewicz [2004a] opóźnienie terminu siewu o dwa tygodnie w stosunku do optymalnego spowodowało istotny spadek plonu. Ruszkowski i in. [1991) stwierdzili wyraźne obniżenie plonowania w wyniku opóźnienia terminu siewu o cztery tygodnie, natomiast Piech i Stankowski [1990] o sześć tygodni. Zdaniem Mazurek i Mazurek [1987] zboża ozime wysiewane 20-25.09 krzewią się jesienią, a w terminach późniejszych (5-20.10) wiosną. Opóźnienie terminu siewu zbóż powoduje wydłużenie okresu od siewu do wschodów i od wschodów do krzewienia. Skraca się natomiast okres od krzewienia do strzelania w źdźbło, którego długość w znacznym stopniu decyduje o produkcyjności roślin.

Okres dojrzewania w przypadku opóźnionych siewów jest również nieco krótszy. Dojrzałość pełną rośliny wysiane w różnych terminach osiągają w zbliżonym czasie, zatem opóźnienie terminu siewu powoduje znaczne skrócenie całego okresu wegetacji [Mazurek i Podolska 1995]. Kuś i in. [1991] podają, że wysiew pszenicy w terminie opóźnionym (10-15.10) w stosunku do optymalnego (20-25.09) spowodował obniżkę plonów ziarna o około 0,60 t z ha. Wskazują także, że zwiększenie dawek azotu i ich podział, zwiększona ilość wysiewu, dolistne dokarmianie lub też stosowanie fungicydów nie kompensuje ujemnego wpływu opóźnionego terminu siewu na plonowanie pszenicy.

Kolejnym elementem plonotwórczym w uprawie pszenicy jest gęstość siewu, którą dostosowuje się do warunków glebowych i atmosferycznych panujących w trakcie rozwoju pszenicy [Weber i Podolska 2008]. W uprawach bezpłużnych zwiększenie gęstości siewu może przyczynić się do wyższych plonów, ponieważ obsada roślin w uprawie płużnej jest wyższa niż w warunkach uprawy uproszczonej [Dzienia i in. 2003]. Ograniczenia liczby kłosów na m2 wynikające z niższej gęstości siewu mogą być rekompensowane zwiększoną liczbą ziaren w kłosie [Weber i Biskupski 2008]. Redukcja gęstości wysiewu z 450 do 250 ziaren na m^2 nie wpływa na zmniejszenie plonu, ponieważ liczba ziaren w kłosie ulega istotnemu zwiększeniu. Mniejsza ilość roślin na 1 m^2 ogranicza konkurencję między nimi w warunkach stresu wodnego w okresie wegetacji [Podolska 2008].

Ważnym elementem w technologii produkcji zbóż jest ochrona roślin. Zastosowanie herbicydów ogranicza konkurencję pomiędzy roślinami uprawnymi a chwastami, wpływając na zwiększenie plonu ziarna i poprawienie jego struktury [Brzozowski i in. 1996]. Ochrona fungicydami jest ważnym elementem uprawy zbóż. Działanie patogenów i silne porażenie przez nie roślin powoduje zmniejszenie powierzchni asymilacji i niekorzystne oddziaływanie na procesy fotosyntetyczne [Kuś i Jończyk 1997]. Ważnym elementem w uprawie pszenic jakościowych jest wysokość plonu, ale także uzyskanie ziarna dobrej jakości [Stankowski i in. 2001]. Herbicydy mogą w znaczący sposób zmienić właściwości fizjologiczne nasion, czyli ich żywotność i wartość siewną, oddziałując na procesy tworzenia białek. Tempo oddziaływania i zmian może

być różne w zależności od wielkości wniesionej dawki [Klimont i Dul 1998]. Stwierdzono, że herbicydy z zawartością 2,4-D mogą niekorzystnie oddziaływać na pszenicę ozimą. Zaobserwowano ich ujemny wpływ na morfologię roślin w postaci utraty turgoru, czego następstwem było rozkładanie się blaszek liściowych i zmiana pokroju roślin. Herbicydy te powodują także deformację kłosów [Nowicka i Rola 1997]. U odmian wrażliwych, na skutek aplikacji środków z tej grupy, obserwowano słabsze plonowanie, a także zmiany w składzie chemicznym ziarna pszenicy [Klimont i Osińska 2004].

Istnieje konieczność kontrolowania wpływu herbicydów na jakość plonu [Kraska 2007]. Piech i Maciorowski [1996] odnotowali korzystne oddziaływanie pięciu herbicydów na kształtowanie się zawartości białka w ziarnie pszenżyta ozimego, natomiast Pawłowska [1996] stwierdziła istotne różnice w zawartości tego parametru. Istnieją istotne różnice we wrażliwości gatunków i odmian zbóż na działanie stosowanych do ich ochrony herbicydów. Preparaty te mogą wywierać na rośliny niepożądany wpływ, zmieniając ich właściwości biologiczne i fizjologiczne, a ich działanie zależy od budowy chemicznej i dawki substancji biologicznie czynnej, wilgotności gleby oraz fazy rozwojowej roślin [Klimont 2007]. Jednym z ubocznych skutków stosowania herbicydów jest możliwość pozostawienia substancji biologicznie czynnych w nasionach i glebie. Według Klimonta i Osińskiej [2004] substancje te mogą pozostać w ziarnie zbóż kłosowatych, kukurydzy, grochu i soi, jednak poniżej dopuszczalnych wielkości tolerancyjnych. Poziom i obecność pozostałości substancji biologicznie czynnych w roślinach są uzależnione zarówno od właściwości fizykochemicznych, rodzaju użytej substancji biologicznie czynnej, jak i warunków pogodowych w czasie stosowania środka, terminu zastosowania oraz warunków glebowych.

Z dotychczasowych badań wynika, że obniżenie wielkości plonu spowodowane zaniedbaniami ochrony zasiewów wynosi około 35%, natomiast w latach z dużym nasileniem agrofagów może dochodzić nawet do 70%. Wysokie ceny środków produkcji rolniczej i niskie ceny płodów rolnych ograniczają rentowność uprawy zbóż [Stypuła i in. 2004].

W hodowli pszenicy ozimej, należącej do zbóż chlebowych, coraz większe znaczenie obok ilości plonu odgrywa jej jakość [Bichoński 1998]. Jakość ziarna jest określona na podstawie jego wartości siewno-reprodukcyjnej, konsumpcyjnej, paszowej i przetwórczej. Kryteria oceny zmieniają się w zależności od sposobu użytkowania ziarna. Do najważniejszych cech jakościowych należą: rozmiary, kształt, barwa, zawartość wody, masa 1000 ziaren, gęstość, skład chemiczny, zdrowotność itp. Największe wymagania dotyczą materiału siewnego przeznaczonego do konsumpcji. Są sprecyzowane w normach państwowych i branżowych [Górecki i Grzesiuk 2002].

Jednym z najstarszych i najpowszechniej stosowanych wyróżników jakościowych ziarna zbóż jest jego gęstość w stanie zsypnym. Wyróżnik ten ma istotne znaczenie zarówno w transakcjach handlowych, jak i przy określaniu wartości technologicznej ziarna w procesie produkcyjnym oraz w pracy jednostek badawczych. Gęstość ziarna w stanie zsypnym tej samej partii ulega zmianie w zależności od aktualnej wilgotności. Jej zakres jest trudny do przewidzenia, gdyż wraz ze zmianą zawartości wody zmienia się kształt, wielkość i powierzchnia ziarna, i to w sposób nieregularny [Górniak i Majdak 2005].

Pierwotnym źródłem jakości technologicznej jest grupa czynników biologicznych. Spośród nich najważniejsze są składniki chemiczne ziarna zbóż,

m.in. białka. Uwarunkowania genetyczne i podlegająca wpływom środowiska zmienność ich budowy chemicznej oraz procentowy udział poszczególnych frakcji są przyczyną zmian właściwości fizykochemicznych mąki pszennej, a następnie uzyskanego z niej ciasta, gdyż ważną rolę w procesie jego tworzenia odgrywa nie tylko granulacja mąki, ale także masowy wskaźnik stosunku białka do skrobi. Gdy ilość uformowanego glutenu nie wystarcza do pokrycia powierzchni skrobi, uzyskuje się ciasto o konsystencji gliny, które jest pozbawione gazu. Po upieczeniu, bochenki są małe i zbite. Taki efekt uzyskuje się przy zawartości około 7% białka, natomiast gdy zawartość wynosi 10% lub więcej, warunki konwencjonalnego miesienia ogólnie spełniają wymagania tworzenia odpowiedniej matrycy glutenowej ciasta. Jeśli jednak znacząca ilość ziarenek skrobi jest uszkodzona, wtedy uszkodzone ziarna wchłoną więcej wody i napęcznieją, zwiększając w ten sposób swoje rozmiary. Może to spowodować takie zwiększenie powierzchni cząstek skrobi, że ilość glutenu jest niewystarczająca, aby formować jednolitą matrycę. W rezultacie upieczony chleb jest mały i gęsty, podobny do uzyskanego przy niższym poziomie białka, ale nieuszkodzonej tak bardzo skrobi [Jurga 2005]. Wraz ze wzrostem zawartości białka można również zaobserwować zmiany w jego składzie. Dla przemysłu piekarskiego i młynarskiego największe znaczenie mają białka proste, ponieważ to one decydują o właściwościach mąki.

W zależności od zdolności rozpuszczania się w różnych roztworach rozróżnia się cztery rodzaje białek:

- rozpuszczalne w wodzie – albuminy,
- rozpuszczalne w roztworach soli (np. NaCl) – globuliny,
- rozpuszczalne w 70-90% roztworach alkoholu – prolaminy,
- rozpuszczalne w roztworach zasadowych (np. roztwór NaOH) – gluteniny.

Szczególną rolę odgrywają glutenina i gliadyna, które po zmieszaniu z wodą tworzą tzw. gluten [Achremowicz i in. 1995, Bichoński 1995, Cygankiewicz 1995, Subda i in. 1997, Podolska i Sułek 2003]. O jakości glutenu decyduje przede wszystkim odmiana [Klupczyński i Ralcewicz 1998]. Białka glutenu, tak jak wszystkie inne białka, są genetycznie zakodowane i bez względu na warunki glebowe i klimatyczne, rejon uprawy, nawożenie, odmiana zawsze wytwarza taki sam gluten. Gluten o najlepszej jakości uzyskuje się z ziarna zbóż odmiany chlebowej. Jego zawartość w ziarnie może być różna w zależności od siedliska, sposobu nawożenia, przebiegu pogody, ale jakość zawsze będzie taka sama.

Dobra jakość glutenu ma istotny wpływ na właściwości wypiekowe mąki i powinna być przedmiotem szczególnej uwagi w ocenie odmian [Cygankiewicz 1997]. Jakość glutenu określa się wartością liczby sedymentacji, odzwierciedlającej w dużym przybliżeniu wartość wypiekową mąki. Związane jest to z udowodnioną wysoką korelacją pomiędzy ilością glutenu a wartością liczby sedymentacji [Bichoński i Stachowicz 1998]. Fakt, że o jakości wypiekowej decyduje nie tylko zawartość glutenu, ale przede wszystkim obecność tworzących go podjednostek gliadynowych i gluteinowych, znajduje potwierdzenie w licznych publikacjach [Achremowicz i in. 1995, Bichoński 1995, Wójcikiewicz i in. 1995, Waga i Cygankiewicz 1996, Klupczyński i Ralcewicz 1998, Ralcewicz i Knapowski 2004]. Według Subdy i in. [1997] glutenina wpływa na rozwój ciasta, natomiast gliadyna na objętość chleba.

Wyróżnia się dwa typy kompleksu glutenowego:
- gluten małocząsteczkowy – o mniejszej zawartości molekuł (20-60 tysięcy) i mało skomplikowanej budowie,
- gluten wielkocząsteczkowy – o dużej zawartości molekuł (do 3 lub 8 milionów) i bardzo skomplikowanej budowie.

O wysokiej jakości glutenu w ziarnie pszenicy decyduje ilość glutenu wielkocząsteczkowego, o lepszych właściwościach reologicznych [Kączkowski 1991]. W doświadczeniu Rakowskiego [2003] jakość glutenu, wyrażona jego rozpływalnością, przedstawiała zależność odwrotnie proporcjonalną, tzn. im więcej glutenu zawierało ziarno, tym charakteryzował się on większą rozpływalnością, a więc gorszą jakością. Wyższa wartość tego parametru świadczy o tym, że gluten badanej mąki cechuje się słabymi właściwościami reologicznymi, a w szczególności małą lepkością, co decyduje o braku możliwości wytworzenia odpowiedniej porowatości pieczywa (bochenki chleba w czasie wypieku rozpłaszczają się).

Rzeczywistym miernikiem powstawania substancji białkowych, tworzących duże cząsteczki decydujące o strukturze pieczywa, jest wskaźnik sedymentacji. Wskaźnik ten charakteryzuje jednocześnie ilość i jakość kompleksu białkowego. Im więcej znajduje się w badanej mące białek glutenowych, szczególnie wysokocząsteczkowej gluteniny, odznaczającej się wybitnymi zdolnościami pęcznienia i warunkującej dobrą wartość wypiekową, tym liczba ta jest większa [Subda i in. 1997]. W badaniach Knapowskiego i Ralcewicz [2004c], podobnie jak we wcześniej przeprowadzonych doświadczeniach z pszenicą ozimą [Klupczyński i Ralcewicz 1997, Wróbel i Szempliński 1999, Klupczyński i in. 2000, Knapowski i in. 2002], wzrost dawek azotu powodował wzrost wartości wskaźnika sedymentacji w mące. Jednak udowodniony statystycznie maksymalny wzrost wartości omawianej cechy jakościowej stwierdzono jedynie po zastosowaniu dawki 80 kg $N \cdot ha^{-1}$ i w stosunku do obiektu kontrolnego był on wyższy o 19% [Knapowski i Ralcewicz 2004c]. Zastosowane wzrastające nawożenie azotem powodowało poprawę wskaźnika sedymentacji również w uprawie pszenicy jarej [Mazurek i Kuś 1991, Budzyński i in. 1996, Mazurek i in. 1999, Ralcewicz i in. 2002].

Przy ocenie wartości wypiekowej ziarna zbóż zwraca się uwagę na właściwości enzymatyczne, zwłaszcza na efektywność amylolityczną [Subda i in. 1997]. Informacje o tych właściwościach uzyskane na podstawie liczby opadania, oznaczanej metodą Hagberga, są ujemnie skorelowane z aktywnością alfa-amylazy, określaną standardowymi metodami analitycznymi. Aktywność alfa-amylazy decyduje o ilości cukrów prostych (maltozy i sacharozy) powstających z rozkładu skrobi, z których w procesie fermentacji ciasta, przy udziale drożdży, powstaje CO_2, zwiększający objętość pieczywa. Podczas wypieku skrobia ulega skleikowaniu, ustalając wraz ze ścinającym się białkiem porowatą strukturę ciasta, uniemożliwiając dalsze jego rozszerzanie się, zapobiegając również zapadaniu się porów po ulotnieniu się CO_2. Liczba opadania uzależniona jest w głównej mierze od warunków klimatycznych [Sułek i in. 2002]. Duża ilość opadów atmosferycznych w okresie zbioru pszenicy lub jej wyleganie sprzyja przedwczesnemu rozpoczęciu procesu kiełkowania ziarna na kłosie, co objawia się wysoką aktywnością alfa-amylazy. Porośnięcie widoczne gołym okiem świadczy o tym, że ziarno jest całkowicie nieprzydatne do celów konsumpcyjnych. Poważniejszy problem stanowi jednak utajnione kiełkowanie, kiedy ziarno nie wykazuje jeszcze widocznych zmian, ale ma

wysoki poziom aktywności alfa-amylazy. Chleb upieczony z mąki wyprodukowanej z ziarna o niskiej liczbie opadania (co odpowiada wysokiej aktywności alfa-amylazy) jest lepki, zakalcowaty, kruszy się i jest trudny do krojenia. Destrukcyjny wpływ zwiększonej aktywności enzymów amylolitycznych na strukturę ciasta, a w konsekwencji uzyskiwanego pieczywa potwierdził Bichoński [1995]. Wyniki badań dotyczące wpływu nawożenia azotem na aktywność amylolityczną ziarna nie są jednoznaczne. W doświadczeniu z pszenicą jarą, w którym najniższa dawka azotu wynosiła 90 kg·ha^{-1}, Mazurek i in. [1987] stwierdzili nieznaczne zmiany wartości liczby opadania. Zdaniem Budzyńskiego i in. (1996) wysokie dawki azotu mogą natomiast powodować wzrost aktywności alfa-amylazy. W badaniach Klupczyńskiego i in. (2000) przeprowadzonych z pszenicą ozimą zastosowanie azotu na poziomie 120 kg·ha^{-1} powodowało istotny wzrost liczby opadania w porównaniu z obiektem kontrolnym i obiektem, na którym zastosowano 80 kg·ha^{-1}. W doświadczeniu Knapowskiego i Ralcewicz [2004a] istotny wzrost omawianej cechy jakościowej po zastosowaniu 120 kg N·ha^{-1} stwierdzono tylko w porównaniu z obiektem kontrolnym. Szempliński i in. [1995], Mazurek i in. [1999] oraz Sułek i in. [2002] wskazują na brak istotnych zależności pomiędzy ilością azotu a aktywnością alfa-amylazy. Podobnie bez wpływu na wartość liczby opadania pozostawało opóźnienie terminu siewu pszenicy ozimej o dwa tygodnie [Knapowski i Ralcewicz 2004a]. Z kolei Rząsa i Płonka [1991] oraz Subda i in. [1997] zwrócili uwagę na zależność aktywności alfa-amylazy od właściwości odmianowych i warunków glebowo-klimatycznych. Objętość chleba z próbnego wypieku jest końcowym, bezpośrednim wskaźnikiem jakościowym, który świadczy o wartości wypiekowej ziarna pszenicy, a na jakość pieczywa wpływają wszystkie omówione wcześniej cechy jakościowe. W literaturze przedmiotu brak jest zgodności poglądów dotyczących wpływu nawożenia mineralnego na objętość pieczywa. Achremowicz i in. [1993] nie stwierdzili istotnego wpływu nawożenia azotem na objętość pieczywa uzyskanego z mąki pszenicy ozimej. Badane przez tych samych autorów odmiany jare reagowały natomiast zwiększeniem wartości omawianego parametru na wzrastające dawki azotu. Wyniki uzyskane przez Klupczyńskiego i Ralcewicz [1997] oraz Knapowskiego i in. [2002] potwierdziły z kolei tendencje do zwiększania objętości chleba pod wpływem wzrastającego nawożenia azotem zarówno w odniesieniu do badanych odmian pszenicy ozimej, jak i odmian pszenicy jarej [Ralcewicz i in. 2002]. Knapowski i Ralcewicz [2004a, c] potwierdzili tendencje do zwiększania objętości chleba przy nawożeniu azotem do 160 kg·ha^{-1}, jednak istotny wzrost objętości pieczywa uzyskanego z mąki odmian Begra i Zyta stwierdzono jedynie po zastosowaniu dawki azotu na poziomie 80 kg·ha^{-1}, natomiast z mąki odmiany Mikon – po zastosowaniu 120 kg·ha^{-1}. W doświadczeniu Wróbla i Szemplińskiego [1999] zwiększanie nawożenia azotem pszenicy ozimej ze 120 do 160 kg·ha^{-1} wyraźnie poprawiało parametry jakościowe ziarna (zawartość glutenu i wskaźnik sedymentacji), a przez to jej wartość wypiekową, co znalazło odzwierciedlenie w objętości pieczywa uzyskanego ze 100 g mąki. Klupczyński i in. [2000] uzyskali istotny wzrost objętości pieczywa z mąki pszenicy jarej nawożonej azotem do poziomu 90 kg N·ha^{-1}.

Skład chemiczny ziarna pszenicy ozimej i zawartości poszczególnych makroelementów jest uzależniony od wielu czynników i charakteryzuje się dużą zmiennością. Zależy od: zasobności gleby w przyswajalne składniki pokarmowe, gatunku zboża, warunków pogodowych w okresie wegetacji, nawo-

żenia, nawadniania, ochrony roślin i zabiegów agrotechnicznych [Pisulewska i in. 1998]. Pawłowska i Dietrych-Szóstak 1995 wykazali, że w wyniku stosowania mieszanek herbicydowo-mocznikowych i samych herbicydów ulegała zmianie zawartość składników mineralnych w ziarnie zbóż.

2.3. Plonowanie pszenicy ozimej a wartość materiału siewnego

Jednym z podstawowych czynników gwarantujących zwiększenie plonów w rolnictwie jest wykorzystanie do siewu kwalifikowanego materiału siewnego [Podlaski i Wyszkowska 1994, Baalbaki i Copeland 1997, Podolska 2008]. Nabywcy materiału siewnego mają do dyspozycji na rynku szeroki asortyment odmianowy. Zgodnie z ustawą o nasiennictwie z dnia 26 czerwca 2003 r. (Dz. U. Nr 41 z 2007 r. poz. 271 z późn. zm.) w obrocie na terenie Rzeczypospolitej Polskiej może znajdować się materiał siewny odmian roślin rolniczych i warzywnych wpisanych do krajowego rejestru lub katalogów wspólnotowych. Przy wyborze odmiany warto wykorzystać wyniki Porejestrowego Doświadczalnictwa Odmianowego (PDO) prowadzonego przez Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych oraz uwzględnić Listę Zalecanych Odmian dla danego rejonu kraju. Materiał siewny znajdujący się w obrocie powinien być przechowywany w zamkniętych opakowaniach, zaopatrzonych w etykiety urzędowe lub etykiety przedsiębiorców.

Kolory etykiet odzwierciedlają kategorię i stopień materiału siewnego i mogą być odpowiednio:

- białe z ukośnym fioletowym paskiem – dla kategorii elitarny w stopniu PB/III lub PB/II (przedbazowy),
- białe – dla kategorii elitarny w stopniu B (bazowy),
- niebieskie – dla kategorii kwalifikowany C1 (kwalifikowany pierwszego rozmnożenia).

Znajdujące się na etykiecie informacje identyfikują materiał siewny, określają m.in.: gatunek, odmianę, stopień kwalifikacji, numer partii, informują również o dacie zamknięcia opakowania, nazwie przedsiębiorcy, jego numerze w rejestrze przedsiębiorców, masie materiału siewnego w opakowaniu. Urzędowa etykieta lub etykieta przedsiębiorcy gwarantuje, że materiał siewny był oceniony urzędowo lub pod urzędowym nadzorem, tzn. iż w trakcie jego wytwarzania przeprowadzono urzędowe lustracje sprawdzające oraz że materiał siewny spełnia wymagania jakościowe dotyczące zdolności kiełkowania, czystości itd. Daje to pewność, że materiał siewny zaopatrzony w etykiety przeszedł pozytywnie ocenę polową i laboratoryjną.

Wymagania dotyczące jakości materiału siewnego określa Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących wytwarzania oraz jakości materiału siewnego (Dz. U. z 2007 r. Nr 29, poz. 189 z późn. zm.)

Cechy wyznaczające wielkość plonu ziarna i jego jakość ulegają wprawdzie zmiennym czynnikom środowiska, głównie zaś warunkom klimatycznym, glebowym i nawozowym, niemniej nawet w tych przypadkach istotną rolę odgrywają uwarunkowania genetyczne [Wróbel 1999, Sułek i Mazurek 2001]. Budowa i skład chemiczny ziarna oraz ich właściwości fizjologiczne (wigor, żywotność) zależą przede wszystkim od gatunku roślin i odmiany, a więc od czynników genetycznych. Duży jednak wpływ na zmiany strukturalne, chemiczne i fizjologiczne diaspor wywiera także środowisko, w którym ziarna

formują się i dojrzewają (temperatura, wilgotność powietrza oraz wilgotność i żyzność gleb, a także stopień skażenia środowiska).

Pod względem zmian w składzie chemicznym najbardziej stabilne w nasionach są węglowodany, najmniej zaś (ilościowo i jakościowo) białka i produkty metabolizmu wtórnego [Górecki i Grzesiuk 2002].

Wyniki badań dotyczące wpływu wysiewu kwalifikowanego materiału siewnego na wielkość i jakość plonu nie są jednoznaczne. Z literatury przedmiotu wynika, że stosowanie ziarna kwalifikowanego w produkcji zbóż przyczynia się do wzrostu plonów o 3-4 $dt \cdot ha^{-1}$ [Wolski 1995] lub o 0,33 $dt \cdot ha^{-1}$ [Piech i in. 1994]. W literaturze podaje się również informacje świadczące o obniżeniu wielkości plonu [Wolski 1987, Kwiatkowski 1997, Kwiatkowski i in. 1999].

Jakość materiału siewnego jest jednym z ważniejszych czynników decydujących o wysokości plonu. Dlatego tylko dobre, odpowiednio przygotowane ziarno siewne może stanowić gwarancję efektywnej produkcji roślinnej [Belotti i Klimont 1993]. Coroczna wymiana materiału siewnego umożliwia wzrost plonu o 10%. Wysiew kwalifikowanego materiału siewnego zbóż daje możliwość doboru w danym gatunku odpowiedniej odmiany uwzględniającej kierunek produkcji, warunki glebowo-klimatyczne oraz zagwarantuje ziarno o dobrej jakości i wysokich parametrach czystości [Oleksiak 1998].

Czynnik genetyczny najsilniej kształtuje jakość ziarna. W odmianie zakodowana jest potencjalna jego jakość, która ujawnia się w typowych warunkach pogody oraz przy prawidłowej agrotechnice. Obok cech genetycznych na kształtowanie się parametrów jakości istotny wpływ mają warunki klimatyczne. Dla formowania się białka i glutenu w ziarnie korzystna jest wysoka temperatura, duże nasłonecznienie i mała ilość opadów w okresie dojrzewania ziarna. Ważne są również zabiegi agrotechniczne: nawożenie azotem, dokarmianie mikroelementami, ochrona przeciwko chwastom, chorobom i szkodnikom, prawidłowo przeprowadzony zbiór i przechowywanie ziarna, zaś mniejsze znaczenie ma dobór stanowiska, gęstość i termin siewu oraz sposób uprawy roli [Kuś i Jończyk 1997, Kwiatkowski i in. 2006, Podolska 2007].

Zdaniem Krzymuskiego [1994] termin degeneracja jest najbliższy spadkowi i pogorszeniu jakości plonu, spowodowanym stosowaniem do siewu nasion coraz niższych stopni odsiewu. Bliskoznaczne określenia – degeneracja lub wyradzanie się – stosuje się częściej w odniesieniu do samych odmian. Zjawisko to uzasadnia, obok postępu odmianowego, wymianę materiału siewnego i zależy od wielu czynników: genetycznych (przekrzyżowania, mutacje, inne niewielkie zmiany genetyczne), hodowlanych (selekcja, reprodukcja), środowiskowych (warunki rozwoju, odporność na stresy, choroby i szkodniki) oraz agrotechnicznych (poziom agrotechniki, zanieczyszczenie nasion). Wśród głównych przyczyn degeneracji i degradacji materiału siewnego różni autorzy [Kusiorska 1983, Podlaski 1986] wymieniają: przekrzyżowania, mechaniczne zanieczyszczenie nasion, wpływ chorób i szkodników. Wspólnym, zespołowym skutkiem tych przyczyn jest spadek plenności oraz pogorszenie innych cech wartości gospodarczej odmian i wartości siewnej ziarna. W opinii Prusińskiego i Kozdemby [2005] najczęstszą przyczyną degeneracji odmian jest również mechaniczne zanieczyszczenie materiału siewnego (u samopylnych), a także porażenie ziarna przez choroby i szkodniki.

Wspieranie postępu biologicznego oraz powszechna świadomość efektywnego wykorzystania nakładów w produkcji roślinnej należy do najważniej-

szych elementów wzmacniania polskiego rolnictwa [Klepacki 2002]. Zdaniem Runowskiego [1997] wielkość plonu ziarna zbóż i ich jakość w znacznym stopniu zależą od wartości materiału siewnego. Nasiona kwalifikowane są jednolite pod względem pochodzenia, charakteryzują się wysoką zdolnością kiełkowania oraz dobrą zdrowotnością [Piech i in. 1991]. Zdrowotność ziarna jest jednym z głównych czynników decydujących o jego jakości [Tylkowska 2000, Hampton 2002]. Decyduje ona również o tempie wyradzania materiału siewnego [Podlaski, 1988], który jest jednym z głównych źródeł infekcji pierwotnej [Chełkowski i in. 1988, Cappelli 2000, Tylkowska 2000].

Plonowanie każdej rośliny uprawnej jest pochodną jej genetycznie uwarunkowanego potencjału produktywności oraz stopnia zaspokojenia potrzeb biologicznych rośliny przez zespół czynników środowiskowych i agrotechnicznych [Rudnicki 1998]. Analizując ocenę efektów stosowania kwalifikowanego ziarna na wysokość plonowania zbóż nie da się rozdzielić łącznego oddziaływania materiału siewnego od wartości plonotwórczej odmiany [Oleksiak 1998]. Korzyści ekonomiczne wynikające ze stosowania kwalifikowanego materiału siewnego warunkowane są szybkością wprowadzania do uprawy nowych odmian, odpowiednich do lokalnych warunków, i czynnikami ekonomicznymi: poziomem cen materiału siewnego, ziarna handlowego i ich wzajemnymi relacjami. Końcowy efekt ekonomiczny ma zmienny, dynamiczny charakter, zróżnicowany w czasie i przestrzeni [Wicki 2006].

Obecnie prawie wszystkie odmiany roślin rolniczych są chronione wyłącznym prawem (Ustawa z dnia 26 czerwca 2003 r. o ochronie prawnej odmian roślin). Ochrona wyłącznym prawem, przyznana hodowcy, oznacza, że wyłącznie hodowca będący właścicielem odmiany lub osoba przez niego upoważniona w drodze umowy licencyjnej może materiał siewny tej odmiany rozmnażać i sprzedawać na cele siewne. Od tej zasady przepisy prawa przewidują jednak wyjątek. Za korzystanie z odstępstwa rolnego, czyli za wysianie nasion niekwalifikowanych z odmiany chronionej z własnego zbioru, rolnik zobowiązany jest uiścić hodowcy opłatę w ciągu 30 dni od dnia siewu takiej odmiany. Z tego obowiązku zwolnieni są jedynie rolnicy posiadający gospodarstwo o powierzchni do 10 ha użytków rolnych [Anonim 2010].

3. MATERIAŁ I METODY BADAŃ

3.1. Charakterystyka i warunki doświadczenia polowego

Doświadczenie polowe prowadzono w latach 2006-2009 w gospodarstwie rolnym w Nidowie (woj. pomorskie) (rys. 1).

Rys. 1. Lokalizacja doświadczenia polowego

Dwuczynnikowe doświadczenie polowe założono metodą losowanych podbloków w trzech replikacjach. Powierzchnia poletek wynosiła 15 m^2.

Badanymi czynnikami były:

- I czynnik – odmiany pszenicy ozimej (n = 4): Bogatka, Zyta, Turnia, Tonacja,
- II czynnik – materiał siewny (stopień odsiewu) (n = 3):
  - kwalifikowany materiał siewny pierwszego rozmnożenia (C1),
  - materiał siewny drugiego rozmnożenia (2. odsiew),
  - materiał siewny trzeciego rozmnożenia (3. odsiew).

Wyboru pola w poszczególnych latach dokonano z uwzględnieniem możliwie niewielkiego zróżnicowania gleby pod względem jej właściwości fizykochemicznych. Eksperyment przeprowadzono na glebie zaliczanej do kompleksu pszennego bardzo dobrego o odczynie lekko kwaśnym ($pH_{(KCl)}$ 6) i zawartości przyswajalnych form fosforu 145-150 $mg \cdot kg^{-1}$, potasu 230-240 $mg \cdot kg^{-1}$ oraz magnezu 118-120 $mg \cdot kg^{-1}$ gleby, co odpowiada wysokiej lub bardzo wysokiej klasie zasobności.

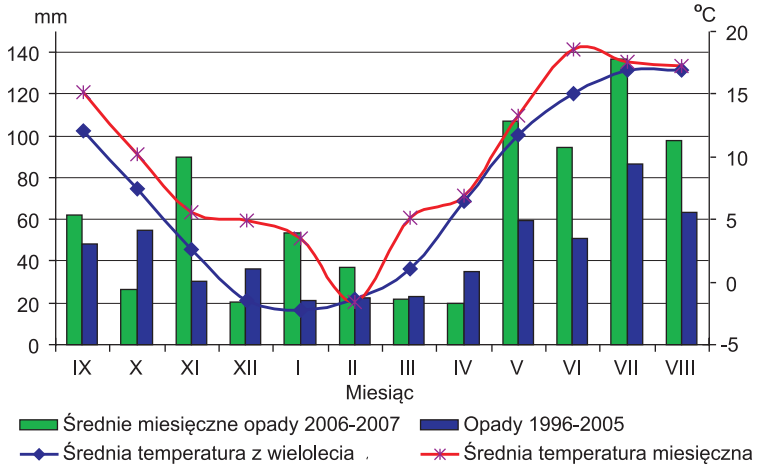
Azot, fosfor i potas zastosowano w następujących dawkach: 200 kg $N \cdot ha^{-1}$, 70 kg $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$ oraz 120 kg $K_2O \cdot ha^{-1}$, w formie odpowiednio: saletry amonowej, fosforanu amonu i soli potasowej. Dawki ustalono w oparciu o zasobność gleby w te składniki oraz potrzeby pokarmowe pszenicy ozimej. Ziarno pszenicy ozimej wysiano w ilości 450 ziarniaków na m^2 w pierwszej dekadzie października w każdym roku badań. Przedplonem dla pszenicy był rzepak.

Pozostałe zabiegi uprawowe oraz zbiór pszenicy przeprowadzono zgodnie z wymaganiami agrotechnicznymi właściwymi dla tego gatunku.

3.2. Warunki meteorologiczne

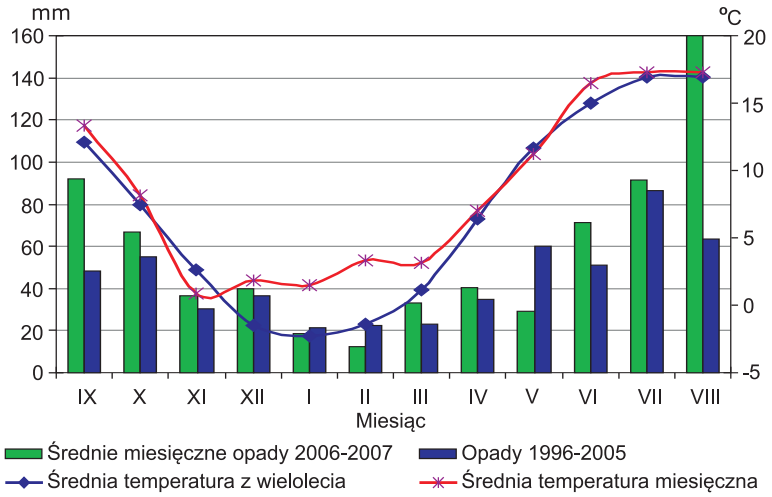
Przebieg warunków pogodowych w okresie prowadzenia badań (2006--2009) w porównaniu z wieloleciem przedstawiono na rysunkach 2-4. Dane uzyskano z Danko Hodowla Roślin Sp. z o.o. w Dębinie.

W sezonie wegetacyjnym 2006-2007 suma opadów była o 234,6 mm większa od średniej wieloletniej. We wrześniu notowano opady na poziomie zbliżonym do średniej wieloletniej, natomiast w październiku o 28,7 mm niższe niż przeciętne. Jesienią i wiosną średnia temperatura powietrza była wyższe od średniej z wielolecia. Łagodna zima nie spowodowała uszkodzeń mrozowych, natomiast wiosna była wczesna i ciepła, o niewielkiej ilości opadów. W maju odnotowano opady o 47,5 mm wyższe w stosunku do przeciętnych z wielolecia. Czerwiec, lipiec i sierpień charakteryzowały się znacznie wyższą ilością opadów (127,6 mm) od średniej wieloletniej, przy temperaturze w lipcu i sierpniu zbliżonej do przeciętnej. Prawdopodobnie było to przyczyną przedłużenia okresu dojrzewania pszenicy ozimej, a przez to późnego zbioru ziarna, co w konsekwencji mogło wpływać na wartości jego parametrów jakościowych.



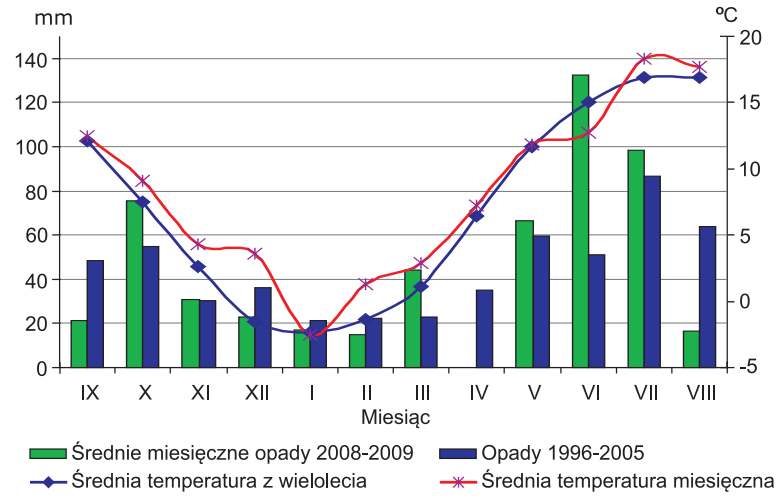
Rys. 2. Przebieg warunków pogodowych w okresie wegetacyjnym 2006-2007

Sezon wegetacyjny w roku 2007-2008 rozpoczął się temperaturami na poziomie zbliżonym do normy wieloletniej oraz nieco wyższymi opadami niż przeciętne. Okres zimowy charakteryzował się małą ilością opadów (rys. 3) – na poziomie 70,8 mm. Temperatury były natomiast o 3,9°C wyższe od średnich z lat 1996-2005. Wegetacja wiosenna ze względu na ciepłą zimę rozpoczęła się bardzo wcześnie, lecz temperatura w kolejnych miesiącach nie odbiegała od normy wieloletniej. Suchym miesiącem okazał się maj, gdyż opady były o 30,8 mm niższe od przeciętnych. W sierpniu spadło ponad dwukrotnie więcej deszczu niż w wieloleciu, co było przyczyną opóźnień zbioru ziarna pszenicy ozimej.



Rys. 3. Przebieg warunków pogodowych w okresie wegetacyjnym 2007-2008

Sezon wegetacyjny 2008-2009 był bardzo zróżnicowany pod względem opadów oraz temperatury. We wrześniu opady były prawie dwukrotnie niższe niż zazwyczaj w tym miesiącu (rys. 4), a od października do marca ich suma była zbliżona do normy wieloletniej. Zima zaczęła się wysokimi temperaturami. W grudniu i lutym panowały temperatury odpowiednio o 5,1 i 2,7°C wyższe w porównaniu z wieloleciem, zaś styczeń był chłodny, ze średnią temperaturą nieco poniżej normy (-2,5°C). Bardzo nietypowy okazał się kwiecień, bowiem w ciągu całego miesiąca nie wystąpiły żadne opady. W czerwcu natomiast były one wyższe o 81,2 mm, przy temperaturze niższej o 2,7°C w porównaniu ze średnią z lat 1996-2005. Opady na bardzo niskim poziomie w sierpniu (16,4 mm) umożliwiły zbiór pszenicy w pełnej dojrzałości ziarna przy odpowiedniej wilgotności.



Rys. 4. Przebieg warunków pogodowych w okresie wegetacyjnym 2008-2009

3.3. Charakterystyka odmian badanych pszenic ozimych

'Bogatka' (fot. 1) – jest odmianą pszenicy typu chlebowego (B), lecz główne parametry, tj.: liczba opadania i liczba sedymentacji, klasyfikują ją do klasy (A) (tab. 1).

Fot. 1. Pszenica odmiany Bogatka

Tabela 1. Bonitacja wskaźników technologicznych ziarna, mąki, ciasta i pieczywa (skala 9°) (wg COBORU [2009])

Odmiana		Liczba opadania	Zawartość białka	Wskaźnik sedymentacji SDS	Wydajność mąki ogółem	Rozmiękczenie ciasta	Energia ciasta	Wodochłonność mąki	Objętość chleba
Bogatka		8	6	7	7	5	5	9	7
Zyta		8	7	9	5	7	7	9	7
Turnia		8	5	9	6	7	6	9	7
Tonacja		6	6	7	5	6	6	9	7
Wymagania	E	6	7	7	5	8	8	8	8
Wartość	A	5	5	5	4	6	6	6	6
progowa cechy	B	4	4	3	4	4	4	5	4

Ziarno odmiany Bogatka charakteryzuje się wysoką zawartością glutenu o niskiej rozpływalności. Najważniejszą jej cechą jest wysoki i stabilny w latach plon (tab. 2), dzięki czemu jest przydatna do uprawy w całym kraju. We wszystkich rejonach Polski w latach 2006-2008 należała do najwyżej plonujących odmian i rodów hodowlanych [COBORU 2009]. Charakteryzuje się dobrą mrozoodpornością i wysoką odpornością na popularne choroby grzybowe pszenic: mączniaka, rdzę brunatną, septoriozę liści i kłosa. Jest odmianą wczesną, o sztywnej, niewysokiej słomie odpornej na wyleganie i zdrowym, zbitym kłosie. Jej nasiona są bardzo dobrze wypełnione, o wysokiej MTZ, dobrym wyrównaniu i niskim udziale pośladu.

Tabela 2. Plon ziarna (% wzorca) (wg COBORU [2009])

Wyszczególnienie	Poziom a_1				Poziom a_2			
	2006--2008	2008	2007	2006	2006--2008	2008	2007	2006
Wzorzec, dt·ha^{-1}	77,4	89,1	74,3	68,7	87,7	99,7	85,8	77,5
Bogatka	103	102	104	105	103	102	102	104
Zyta	94	93	97	95	94	94	94	97
Turnia	96	95	94	99	98	98	97	101
Tonacja	100	100	100	100	100	99	100	101

Poziom agrotechniki:
a_1 – przeciętny
a_2 – wysoki (zwiększone nawożenie azotem, stosowanie dolistne preparatu wieloskładnikowego, ochrona przed wyleganiem i chorobami)

'Zyta' – jest odmianą typu jakościowego (A) o dużym i dobrze wyrównanym ziarnie, cechującym się bardzo dobrą wartością technologiczną, w tym bardzo dobrą jakością mąki (tab. 3). W porównaniu z innymi zarejestrowanymi odmianami plonuje bardzo wysoko. Charakteryzuje się dużą odpornością na większość chorób, zwłaszcza na choroby podstawy źdźbła, rdzę brunatną, septoriozę liści i kłosa, oraz dobrą odpornością na wyleganie. Jest tolerancyjna na zakwaszenie gleby i dobrze reaguje na wysokie dawki azotu.

Tabela 3. Ważniejsze cechy ziarna i mąki (skala 9°) (wg COBORU [2009])

Odmiana	Liczba opadania	Zawartość białka	Ilość glutenu	Indeks glutenu	Barwa mąki	Zawartość popiołu
Bogatka	8	5	5	7	4	5
Zyta	8	7	7	9	8	6
Turnia	8	5	6	8	7	5
Tonacja	6	6	7	6	5	7

'Tonacja' – należy do odmian typu chlebowego (B), rośliny osiągają średnią wysokość i są odporne na wyleganie. Plonuje w skali kraju bardzo dobrze, wyróżnia się bardzo dużą mrozoodpornością i tolerancją na zakwaszenie gleby (tab. 4).

Tabela 4. Ważniejsze cechy rolnicze (wg COBORU [2009])

Odmiana	Mrozo-odporność	Reakcja na Al^{+3}	Wysokość roślin	Wyleganie	Kłoszenie	Dojrzałość woskowa
	skala	9°	cm	skala 9°	liczba dni	od 1.01
Bogatka	5	5	102	6,1	149	192
Zyta	2,5	5	109	6,8	151	194
Turnia	4,5	6	109	6,6	151	194
Tonacja	5,5	5	101	7,9	152	194

Ma duże, czerwone, dobrze wyrównane ziarno, o dużej ilości dobrego jakościowo glutenu. Jest odporna na choroby, zwłaszcza na septoriozę liści i plew, rdzę brunatną i choroby podstawy źdźbła (tab. 5). Jest odmianą o średnich wymaganiach glebowych, a w intensywnych warunkach uprawy dobrze wykorzystuje wysokie dawki azotu.

Tabela 5. Porażenie odmiany przez choroby (skala 9°) (wg COBORU [2009])

Odmiana	Mączniak prawdziwy	Rdza brunatna	Septorioza liści	Septorioza plew	Fuzarioza kłosów	Choroby podstawy źdźbła
Bogatka	7,7	7,3	6,8	7,2	8,0	7,8
Zyta	6,7	7,7	7,1	7,4	7,9	8,2
Turnia	6,5	6,9	6,2	7,4	7,8	7,8
Tonacja	6,7	7,4	7,2	7,7	8,1	8,3

'Turnia' – jest odmianą pszenicy typu jakościowego (A), o podobnej jakości jak 'Begra', znacznie jednak od niej plenniejszą, o wysokich roślinach oraz długim kłosie i bardzo dużej MTZ (tab. 6). Termin kłoszenia tej odmiany jest średni, dojrzewania dość późny, a jej stosunkowo dobra zimotrwałość pozwala na uprawę nawet w północno-wschodnich rejonach kraju. W warunkach intensywnej uprawy należy koniecznie stosować antywylegacze. Charakteryzuje się słabą odpornością na choroby podsuszkowe oraz mączniaka i rdzę brunatną, natomiast zdecydowanie lepszą niż inne odmiany odpornością na choroby kłosa. Korzystną zawartość białka uzyskuje się już przy niskich dawkach azotu, liczba opadania nawet w latach przekropnych osiąga wartość 260 sekund, a więc znacznie przekracza wartość skupową. Jest odmianą o sztywnym źdźble, białym, bezostnym kłosie, dużej odporności na porastanie, potwierdzonej wysoką liczbą opadania. Ziarno jest czerwone, bardzo dobrze wyrównane, zawiera dużo białka i mokrego glutenu.

Tabela 6. Niektóre ważniejsze cechy ziarna (wg COBORU [2009])

Odmiana	Porastanie ziarna w kłosach	Masa 1000 ziaren	Wyrównanie ziarna (>2.5 mm)	Gęstość ziarna w stanie zsypnym	Szklistość ziarna
	skala 9°	G	%	skala 9°	
Bogatka	5	48,0	87	5	4
Zyta	5	44,4	90	6	8
Turnia	5	44,9	88	5	7
Tonacja	5	44,7	85	6	5

Zarówno plon ziarna, jak i wskaźniki jego wartości technologicznej odmian pszenicy ozimej charakteryzują się naturalną, dość znaczną zmiennością, na którą ma wpływ środowisko przyrodniczo-rolnicze. Toteż wartości tych cech ziarna podawane przez COBORU [2009] należy rozumieć jako informacje o potencjale ilości i jakości, a nie jako bezwarunkową gwarancję (tab. 1-6). Wielkość i jakość plonu ziarna mogą się w pełni ujawnić dopiero przy poprawnej agrotechnice.

3.4. Metody analiz chemicznych i sposób opracowania wyników

Zbiór plonów pszenicy ozimej przeprowadzono w fazie pełnej dojrzałości ziarna, w pierwszej dekadzie sierpnia każdego roku badań. Wielkość plonu ziarna uzyskanego z każdego poletka przeliczono na plon ziarna w $t \cdot ha^{-1}$, uwzględniając 15% zawartości wody. W reprezentatywnych próbkach oznaczono:

- w ziarnie:
  - skład chemiczny:
    - zawartość azotu ogólnego – metodą Kjeldahla,
    - zawartość fosforu – metodą kolorymetryczną,
    - zawartość wapnia i potasu – metoda fotometrii płomieniowej,
    - zawartość magnezu – metodą absorpcji atomowej;
  - gęstość w stanie zsypnym zgodnie z PN-ISO-7971-2:
    - masę 1000 ziaren MTZ zgodnie z PN-68/R-74017,
    - zawartość glutenu zgodnie z PN-77/A-74-041,
    - wskaźnik sedymentacji (wg Zeleny'ego) zgodnie z PN-ISO-5529;
- w śrucie ziarna:
    - liczbę opadania (wg Hagberga) zgodnie z PN-ISO-3093:1996.

Uzyskane wyniki badań opracowano statystycznie, poddając je analizie wariancji według modelu zgodnego z układem doświadczenia, wykorzystując do oceny istotności różnic test Tukeya. W celu poznania związków i zależności pomiędzy badanymi parametrami uzyskane wyniki poddano analizie korelacji prostej oraz obliczono równania regresji liniowej.

Analizę wariancji wykonano programem ANALWAR autorstwa prof. Franciszka Rudnickiego. Wyniki – z uwagi na różne ich jednostki – przedstawiono w postaci jednostek odchylenia standardowego, czyli tzw. wyników standaryzowanych. Zastosowanie skali standaryzowanej umożliwiło porównywanie wyników uzyskanych na wielu skalach pomiarowych o odmiennych właściwościach i przez to bezpośrednio nieporównywalnych. Przyjmuje się, że punkt zerowy takiej skali odpowiada wartości średnich uzyskanych za pomocą pierwotnych skal pomiarowych, natomiast wartość jednego odchylenia standardowego ze skal pierwotnych przyjmuje się za jednostkę skali standaryzowanej. W ten sposób każdy wynik ze skali pierwotnej zostaje wyrażony w postaci wielkości odchylenia standardowego, o jaką jest oddalony od średniej na tej skali.

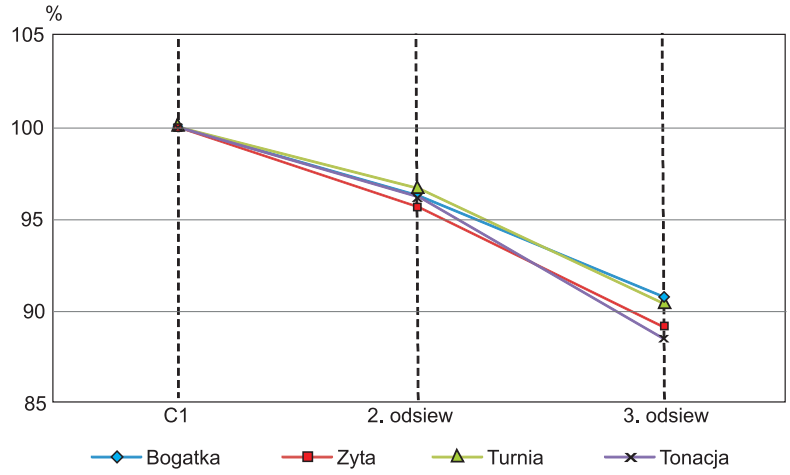
4. OMÓWIENIE WYNIKÓW I DYSKUSJA

4.1. Plon ziarna badanych odmian pszenicy ozimej

Wielkość plonu ziarna pszenicy była istotnie modyfikowana odmianą oraz stopniem odsiewu materiału siewnego, natomiast nie zależała od interakcji badanych czynników (tab. 7). Wielkość plonu ziarna mieściła się w przedziale od 5,3 do 9,2 t·ha^{-1}, ze średnią z doświadczenia 7,3 t·ha^{-1}. Średnio, niezależnie od lat badań, istotnie najwyższym plonem ziarna charakteryzowała się odmiana Bogatka – 7,8 t·ha^{-1}, natomiast najniżej plonowała odmiana Zyta – na poziomie 6,9 t·ha^{-1}. Różnica wynosiła 13%.

Badane pszenice najwyżej plonowały w 2008 r., w którym wegetacja wiosenna ze względu na ciepłą zimę rozpoczęła się bardzo szybko (rys. 3). Temperatura w kolejnych miesiącach nie odbiegała od średniej z wielolecia, natomiast opady były nieco wyższe. Ilość opadów atmosferycznych ma podstawowe znaczenie dla wielkości plonu i dorodności ziarna pszenicy, potwierdziły to również wyniki badań przeprowadzonych przez Rudnickiego i in. [1999].

Stopień odsiewu również istotnie oddziaływał na wielkość plonu ziarna badanych pszenic. Średnio istotnie najwyższy plon ziarna uzyskano po zastosowaniu materiału kwalifikowanego. Wzrost wielkości plonu ziarna w stosunku do plonu uzyskanego po wysiewie materiału trzeciego stopnia odsiewu wynosił w kolejności dla odmian: Tonacja > Zyta > Bogatka > Turnia odpowiednio: 1,0; 0,8; 0,8 i 0,7 t·ha^{-1}. Według Wolskiego [1995] różnice te były niższe i wynosiły od 0,3 do 0,4 t·ha^{-1}. Średnio, niezależnie od lat badań, po wysiewie materiału siewnego coraz niższych stopni odsiewu odmiana Tonacja charakteryzowała się największym spadkiem wielkości plonu ziarna (tab. 7, rys. 5). Po wysiewie materiału trzeciego stopnia odsiewu plon wyniósł 87,65% uzyskanego po zastosowaniu materiału kwalifikowanego (C1). Najmniejszym spadkiem plonu ziarna w latach badań reagowały odmiany: Bogatka – 90,24% i Turnia – 90,54% (rys. 5).



Rys. 5. Względny plon ziarna badanych odmian pszenicy ozimej (C1 = 100%)

Tabela 7. Plon ziarna badanych odmian pszenicy ozimej [t·ha^{-1}]

Odmiana I	Stopień odsiewu II	Rok			$\bar{x}$
		2007	2008	2009	
Bogatka	C1	6,9	9,2	8,5	8,2
	2. odsiew	6,4	9,1	8,2	7,9
	3. odsiew	6,1	8,5	7,6	7,4
	$\bar{x}$	6,5	8,9	8,1	7,8
Zyta	C1	6,2	7,8	7,7	7,2
	2. odsiew	5,6	7,7	7,5	6,9
	3. odsiew	5,3	7,2	6,9	6,4
	$\bar{x}$	5,7	7,6	7,3	6,9
Turnia	C1	6,3	7,9	7,9	7,4
	2. odsiew	5,9	7,8	7,7	7,1
	3. odsiew	5,8	7,1	7,1	6,7
	$\bar{x}$	6,0	7,6	7,6	7,1
Tonacja	C1	6,6	9,2	8,4	8,1
	2. odsiew	6,0	9,1	8,1	7,7
	3. odsiew	5,9	8,0	7,5	7,1
	$\bar{x}$	6,2	8,8	8.0	7,6
Wartości średnie	C1	6,5	8,5	8,1	7,7
	2. odsiew	6,0	8,4	7,9	7,4
	3. odsiew	5,8	7,7	7,3	6,9
	$\bar{x}$	6,1	8,2	7,8	7,3
$NIR_{(\alpha=0,05)}$ dla:	I	0,70	1,23	ni	0,58
	II	0,22	0,19	0,16	0,21
	I x II	ni	ni	ni	ni

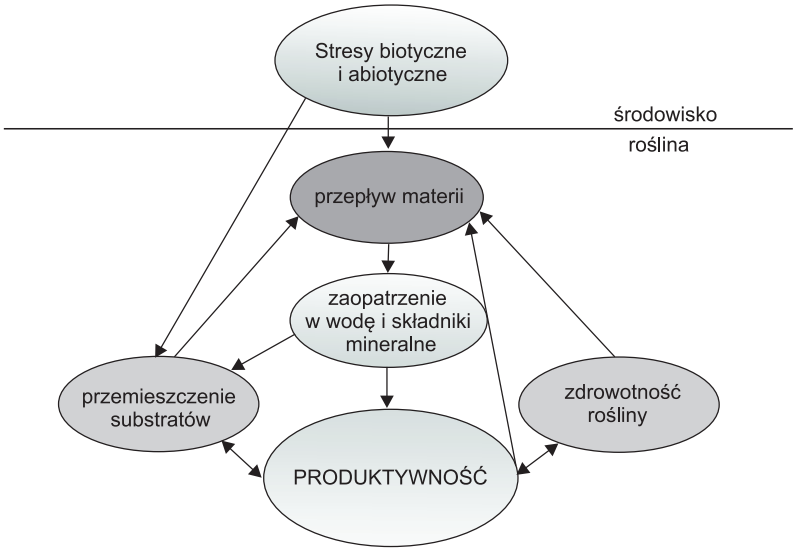
ni – różnica nieistotna

W badaniach Oleksiaka [1998] i Belottiego i Klimonta [1993] wykazano podobne tendencje. Wyższe plony uzyskano po wysiewie materiału kwalifikowanego. Największą różnicą w plonie ziarna charakteryzowała się pszenica ozima (10%), najmniejszą zaś żyto (5,6%). Podobne efekty uzyskała Zielińska [1999], która wskazała na zależność między wysokością plonu ziarna a stopniem odsiewu materiału siewnego. Plonowanie odmian pszenicy w badaniach Dziamby i in. [2004] również zależało od lat, w których przeprowadzono badania i jakości badanego materiału siewnego.

Wielkość plonu ziarna badanych odmian pszenic ozimych była zróżnicowana w latach prowadzenia eksperymentu (tab. 7). Średnio najwyższy plon ziarna uzyskano w 2008 roku; był on wyższy od plonu uzyskanego w latach 2007 i 2009 odpowiednio o: 34,42% i 5,12%. Zróżnicowanie uzyskanego plonu w poszczególnych latach mogło być związane z przebiegiem warunków pogodowych [Brzozowska i in. 2008]. W badaniach Gawędy [2004] plon ziarna pszenicy zależał od wielkości i rozkładu opadów atmosferycznych w okresie wegetacyjnym. Temperatura bliska 0°C i niższa panująca w czasie rozwoju roślin może powodować uszkodzenia upraw i spadek plonów [Kołodziej 1999, Gołaszewski 2004].

Na podstawie danych uzyskanych ze stacji meteorologicznej firmy Danko stwierdzono, że 3 maja w 2007 r. w godzinach nocnych temperatura wynosiła

-7°C. Należy pamiętać, że podatność roślin na wymarzanie jest także determinowana właściwościami odmianowymi. W sytuacji, gdy roślina znajduje się w niekorzystnych warunkach meteorologicznych, zmienia się jej gospodarka energetyczna. Wszystkie mechanizmy naprawcze są energochłonne i powodują obniżenie plonu (rys. 6). Plon rolniczy w przypadku narażenia roślin na stresy jest wynikiem bilansu uszkodzeń, regeneracji i postresowej kompensacji. Niektóre odmiany pszenic w warunkach nasilającego się stresu bardzo ostro reagują obniżką plonu [Starck 2002].



Rys. 6. Model reakcji roślin na stresy jako zintegrowany system przepływu składników mineralnych, wody i produktów fotosyntezy w układzie środowisko – roślina [Starck 2002]

Wyniki badań Grzesiuk i Kulki [1998] oraz Podolskiej [2008] wskazują na ścisłą zależność pomiędzy wartością ziarna siewnego a plonem zbóż. Według Oleksiaka [1998], wysiew własnego materiału siewnego powoduje obniżenie plonu o średnio 0,3 $t \cdot ha^{-1}$ w porównaniu z plonem uzyskanym po siewie materiału kwalifikowanego. Kwiatkowski i in. [1999] nie stwierdzili natomiast istotnego spadku plonu i wartości siewnej ziarna pszenicy ozimej w trakcie reprodukcji, zwłaszcza przy zachowaniu prawidłowej agrotechniki i dokładnym czyszczeniu materiału siewnego. Klupczyński i in. [2000] podają, iż w latach charakteryzujących się w miarę równomiernym rozkładem i dostateczną ilością opadów w stosunku do wielolecia istotne przyrosty plonu ziarna uzyskano po zastosowaniu dawki 90 kg $N \cdot ha^{-1}$, natomiast w latach posusznych – już na poziomie 60 kg $N \cdot ha^{-1}$. Brak wilgoci w glebie i wysoka temperatura w okresie intensywnego wzrostu roślin powodują spadek plonu ziarna, ale jednocześnie z reguły zwiększają procentową zawartość w nim azotu [Entz i Fowler 1990].

4.2. Cechy jakościowe ziarna badanych odmian pszenicy ozimej

4.2.1. Skład chemiczny

Skład chemiczny ziarna pszenicy ozimej jest uzależniony od wielu czynników i charakteryzuje się dużą zmiennością. Głównymi determinantami są: zasobność gleby w przyswajalne składniki pokarmowe, gatunek zboża, warunki pogodowe w okresie wegetacji, nawożenie, nawadnianie i zabiegi agrotechniczne [Pisulewska i in. 1998]. Stosowane herbicydy mogą również wpływać na zawartość składników mineralnych w ziarnie zbóż [Pawłowska i Dietrych-Szóstak 1995]. Według Jurkowskiej i in. [1992] oraz Makarskiej [1997] znaczący wpływ na kształtowanie się składu chemicznego ziarna zbóż ma także siedlisko, w tym warunki meteorologiczne. Na podstawie przeprowadzonego eksperymentu zaobserwowano zróżnicowane w latach zawartości badanych makroelementów w ziarnie pszenicy.

Zawartość azotu w roślinie istotnie zależała od stosunku dostępnych dla roślin związków azotowych w glebie i aktywności fotosyntezy. Dlatego proporcje między związkami azotowymi a całkowitą zawartością związków organicznych syntetyzowanych przez roślinę, można w sposób najbardziej uproszczony określić jako rezultat współdziałania występującego między żywieniem azotowym rośliny i fotosyntezą netto. Zawartość związków azotowych w ziarnie zbóż, wyrażona jako stosunek przemian azotu do fotosyntezy netto, jest więc najogólniej wypadkową względnej zmienności obu tych procesów. Zawartość azotu ogólnego w ziarnie czterech odmian pszenicy ozimej mieściła się w granicach od 19,56 do 24,43 $g \cdot kg^{-1}$, ze średnią z doświadczenia 21,76 $g \cdot kg^{-1}$ (tab. 8). W badaniach Brzozowskiej [2006] zawartość azotu kształtowała się średnio na poziomie 17,6 $g \cdot kg^{-1}$. Wyniki badań własnych pozwoliły stwierdzić, że zawartość azotu ogólnego była istotnie różnicowana czynnikiem odmianowym pszenicy ozimej oraz interakcją badanych czynników, nie była natomiast istotnie determinowana stopniem odsiewu materiału siewnego.

Istotnie średnią najwyższą zawartością azotu ogólnego charakteryzowało się ziarno pszenicy ozimej odmiany Zyta (22,65 $g \cdot kg^{-1}$), natomiast średnio najniższą – Tonacja (20,90 $g \cdot kg^{-1}$). Różnica wynosiła 8,37%. Odmiany Turnia i Bogatka charakteryzowały się bardzo zbliżonymi zawartościami tego składnika. Należy zauważyć, że w latach badań najwyższą zawartością azotu ogólnego cechowało się ziarno (niezależnie od odmiany) zebrane w roku 2009. W okresie od października do marca suma opadów była zbliżona do normy wieloletniej, natomiast w czerwcu opadów było o 81,2 mm więcej w porównaniu za średnią z lat 1996-2005 (rys. 4). Wilgotność gleby jest jedną z cech decydujących o dostarczaniu składników pokarmowych do systemu korzeniowego rośliny. Proces dyfuzji, w wyniku którego azot dostarczany jest w kierunku korzenia, zachodzi szybciej w środowisku wilgotnym niż w suchym [Grzebisz i Gała 1999]. W miarę zmniejszania się uwilgotnienia gleby zwiększa się udział porów glebowych wypełnionych powietrzem, przez co przewodzenie wody i dyfundowanych składników pokarmowych jest utrudnione [Mackay i Barber 1985].

Tabela 8. Zawartość azotu ogólnego w ziarnie badanych odmian pszenicy ozimej [g·kg^{-1} s.m.]

Odmiana I	Stopień odsiewu II	Rok 2007	Rok 2008	Rok 2009	$\bar{x}$
Bogatka	C1	19,56	21,76	22,97	21,43
	2. odsiew	20,83	21,99	22,88	21,90
	3. odsiew	20,72	21,89	22,94	21,85
	$\bar{x}$	20,37	21,88	22,93	21,73
Zyta	C1	21,96	23,63	23,68	23,09
	2. odsiew	21,02	21,71	24,34	22,36
	3. odsiew	20,83	22,30	24,43	22,52
	$\bar{x}$	21,00	22,54	24,15	22,65
Turnia	C1	19,94	21,61	23,98	21,85
	2. odsiew	20,08	21,18	23,18	21,48
	3. odsiew	20,91	21,19	23,91	22,00
	$\bar{x}$	20,31	21,33	23,69	21,77
Tonacja	C1	19,86	20,74	22,60	21,07
	2. odsiew	19,82	20,42	22,45	20,90
	3. odsiew	19,60	19,99	22,60	20,73
	$\bar{x}$	19,76	20,38	22,55	20,90
Wartości średnie	C1	20,33	21,93	23,31	21,86
	2. odsiew	20,44	21,32	23,21	21,66
	3. odsiew	20,51	21,34	23,47	21,78
	$\bar{x}$	20,43	21,53	23,33	21,76
$NIR_{(\alpha=0,05)}$ dla:	I	0,83	0,79	0,76	0,48
	II	ni	0,42	0,17	ni
	I x II	1,36	1,10	0,82	0,75

ni – różnice nieistotne

Stopień odsiewu materiału siewnego nie decydował istotnie o zawartości azotu ogólnego w ziarnie badanych odmian pszenicy ozimej. Była ona natomiast istotnie warunkowana interakcją odmian pszenicy ozimej i materiału siewnego. Średnio istotnie najwyższą zawartością azotu ogólnego charakteryzowało się ziarno zebrane po wysiewie materiału kwalifikowanego odmiany Zyta, natomiast najniższą – ziarno uzyskane z trzeciego odsiewu odmiany Tonacja. Różnica wynosiła 11,38%.

Zakres zawartości azotu ogólnego w ziarnie pszenicy jest stosunkowo duży i zależy w znacznym stopniu zarówno od czynników genetycznych odmiany, jak i od warunków siedliskowych [Czuba i Mazur 1988, Martyniak 1994].

Zawartość fosforu ogólnego w ziarnie badanych czterech odmian pszenicy ozimej mieściła się w granicach od 2,80 do 4,48 g·kg^{-1}, ze średnią z doświadczenia 3,62 g·kg^{-1} (tab. 9). Stwierdzono, że zawartość ta istotnie zależała od odmian pszenicy oraz determinowana była współdziałaniem badanych czynników. Nie była natomiast istotnie uwarunkowana stopniem odsiewu materiału siewnego. Średnio istotnie najwyższą w latach badań zawartością fosforu ogólnego charakteryzowało się ziarno pszenicy ozimej odmiany Zyta (3,83 g·kg^{-1}), a najniższą odmiany Tonacja (3,50 g·kg^{-1}). Różnica między skrajnymi zawartościami tego makroskładnika w ziarnie pszenicy ozimej wy-

nosiła 9,42%. Należy podkreślić, że odmiana Zyta odbiegała w znaczący sposób zawartością tego składnika od pozostałych badanych odmian. Stopień odsiewu materiału siewnego nie decydował istotnie o zawartości fosforu ogólnego w ziarnie pszenicy.

Wykazano, że interakcja badanych odmian pszenicy ozimej i jakości materiału siewnego istotnie warunkowała zawartość fosforu w ziarnie. Średnio najwyższą zawartość tego pierwiastka (3,99 g·kg^{-1}) stwierdzono w ziarnie odmiany Zyta po wysiewie kwalifikowanego materiału siewnego. Była ona wyższa o 16,32% w stosunku do najniższej zawartości uzyskanej po wysiewie nasion trzeciego odsiewu ziarnie odmiany Tonacja. Zawartość fosforu ogólnego w ziarnie pszenicy w doświadczeniach Brzozowskiej [2008] wyniosła 3,77 g·kg^{-1}. W badaniach własnych zawartość tego składnika znacząco różniła się w poszczególnych latach. Największa różnica wystąpiła pomiędzy pierwszym a trzecim rokiem badań – 31,59%. Średnia z lat (3,62 g·kg^{-1}) była natomiast porównywalna z wynikami cytowanych wyżej autorów. Podobnie zróżnicowaną zawartość fosforu w latach badań uzyskali Kraska i Pałys [2009] w badaniach nad pszenicą ozimą odmiany Turnia.

Tabela 9. Zawartość fosforu ogólnego w ziarnie badanych odmian pszenicy ozimej [g·kg^{-1}s.m.]

Odmiana I	Stopień odsiewu II	Rok			$\bar{x}$
		2007	2008	2009	
Bogatka	C1	3,81	3,80	2,89	3,50
	2. odsiew	3,92	3,81	3,07	3,59
	3. odsiew	4,13	3,74	3,10	3,65
	$\bar{x}$	3,95	3,78	3,02	3,58
Zyta	C1	4,48	4,12	3,40	3,99
	2. odsiew	4,40	3,66	3,29	3,78
	3. odsiew	4,16	3,68	3,32	3,72
	$\bar{x}$	4,35	3,82	3,33	3,83
Turnia	C1	3,67	3,83	2,96	3,48
	2. odsiew	4,08	3,75	3,11	3,64
	3. odsiew	4,11	3,79	2,91	3,60
	$\bar{x}$	3,96	3,78	2,99	3,58
Tonacja	C1	3,91	3,63	3,09	3,54
	2. odsiew	3,94	3,81	2,86	3,54
	3. odsiew	3,84	3,64	2,80	3,43
	$\bar{x}$	3,90	3,69	2,91	3,50
Wartości średnie	C1	3,97	3,84	3,08	3,63
	2. odsiew	4,08	3,76	3,08	3,64
	3. odsiew	4,06	3,71	3,03	3,60
	$\bar{x}$	4,04	3,77	3,07	3,62
$NIR_{(\alpha=0,05)}$ dla:	I	0,19	0,08	0,19	0,12
	II	ni	0,05	ni	ni
	I x II	0,32	0,13	0,28	0,19

ni – różnica nieistotna

W tabeli 10 przedstawiono zawartość potasu w ziarnie czterech odmian pszenicy ozimej w zależności od stopnia odsiewu materiału siewnego. Mieściła

się ona w zakresie od 1,92 do 3,99 g·kg^{-1}, ze średnią z doświadczenia 2,81 g·kg^{-1}. Zawartość tego składnika nie była istotnie uwarunkowana stopniem odsiewu, nie zależała również od współdziałania badanych czynników. Ziarno charakteryzowało się średnio porównywalną zawartością potasu, która mieściła się w zakresie od 2,74 do 2,86 g·kg^{-1}. Koszelnik-Leszek i Spiak [2006] odnotowały zróżnicowanie zawartości potasu w ziarnie jęczmienia jarego w zależności od odmiany. W badaniach własnych różniła się ona w poszczególnych latach. Największa różnica wystąpiła pomiędzy drugim a trzecim rokiem badań i wynosiła aż 79%. Zróżnicowaną w latach badań zawartość potasu w ziarnie pszenicy odmiany Turnia uzyskali Kraska i Pałys [2009]; w pierwszym i ostatnim roku badań była większa niż w najchłodniejszym 2004 r. Brzozowska i in. [2005] stwierdzili istotne zróżnicowanie zawartości makroelementów, w tym potasu, pod wpływem warunków pogodowych panujących w poszczególnych latach badań. Zawartość potasu w ziarnie była największa (4,5 g·kg^{-1}) w trzecim, ostatnim roku badań, gdy okres wegetacji charakteryzował się przeciętną ilością opadów, a najmniejsza w drugim roku (4,3 g·kg^{-1}).

W badaniach własnych średnio najwyższą zawartość potasu (3,58 g·kg^{-1}) określono również w trzecim roku badań, który charakteryzował się w okresie od maja do lipca większą ilością opadów niż średnia z lat 1996-2005 (rys. 4).

Tabela 10. Zawartość potasu w ziarnie badanych odmian pszenicy ozimej [g·kg^{-1} s.m.]

Odmiana I	Stopień odsiewu II	Rok 2007	Rok 2008	Rok 2009	$\bar{x}$
Bogatka	C1	2,83	2,07	3,59	2,83
	2. odsiew	2,69	1,96	3,99	2,88
	3. odsiew	2,89	1,92	3,81	2,87
	$\bar{x}$	2,80	1,99	3,80	2,86
Zyta	C1	3,09	2,03	3,51	2,88
	2. odsiew	2,89	1,92	3,51	2,77
	3. odsiew	2,89	1,99	3,43	2,77
	$\bar{x}$	2,95	1,98	3,48	2,80
Turnia	C1	3,11	2,09	3,51	2,90
	2. odsiew	2,90	1,92	3,56	2,79
	3. odsiew	2,69	1,96	3,79	2,81
	$\bar{x}$	2,89	1,99	3,62	2,83
Tonacja	C1	2,47	2,13	3,32	2,64
	2. odsiew	2,76	1,96	3,54	2,75
	3. odsiew	2,96	2,05	3,49	2,83
	$\bar{x}$	2,72	2,05	3,45	2,74
Wartości średnie	C1	2,87	2,08	3,48	2,81
	2. odsiew	2,81	1,94	3,65	2,80
	3. odsiew	2,86	1,98	3,63	2,82
	$\bar{x}$	2,84	2,00	3,58	2,81
$NIR_{(\alpha=0,05)}$ dla:	I	ni	ni	0,24	ni
	II	ni	0,12	0,12	ni
	I x II	0,59	ni	0,33	ni

ni – różnica nieistotna

Zawartość magnezu w ziarnie czterech odmian pszenicy ozimej mieściła się w zakresie od 0,94 do 1,21 g·kg^{-1}, ze średnią z doświadczenia 1,04 g·kg^{-1} (tab. 11).

Tabela 11. Zawartość magnezu w ziarnie badanych odmian pszenicy ozimej [g·kg^{-1} s.m.]

Odmiana I	Stopień odsiewu II	Rok			$\bar{x}$
		2007	2008	2009	
Bogatka	C1	0,99	0,98	0,99	0,99
	2. odsiew	1,00	0,95	0,98	0,97
	3. odsiew	1,07	1,06	1,06	1,06
$\bar{x}$		1,02	1,00	1,01	1,01
Zyta	C1	1,20	1,09	1,14	1,14
	2. odsiew	1,21	1,04	1,13	1,12
	3. odsiew	1,20	1,04	1,12	1,12
$\bar{x}$		1,20	1,06	1,13	1,13
Turnia	C1	1,03	0,98	1,00	1,01
	2. odsiew	1,12	0,89	1,00	1,00
	3. odsiew	1,15	1,01	1,08	1,08
$\bar{x}$		1,10	0,96	1,03	1,03
Tonacja	C1	1,05	0,94	1,00	0,99
	2. odsiew	1,06	0,96	1,01	1,01
	3. odsiew	1,08	0,94	1,01	1,01
$\bar{x}$		1,06	0,94	1,01	1,01
Wartości średnie	C1	1,06	1,00	1,03	1,03
	2. odsiew	1,09	0,96	1,03	1,03
	3. odsiew	1,12	1,01	1,07	1,07
$\bar{x}$		1,09	0,99	1,04	1,04
$NIR_{(\alpha=0,05)}$ dla:	I	0,04	0,06	0,03	0,04
	II	0,03	0,04	0,03	0,02
	I x II	0,06	0,09	0,05	0,05

Była ona istotnie determinowana odmianami pszenicy, jak i stopniem odsiewu materiału siewnego oraz współdziałaniem badanych czynników. Istotnie średnio najwyższą zawartością magnezu charakteryzowało się ziarno odmiany Zyta (1,13 g·kg^{-1}), natomiast taką samą średnią najniższą – odmiany Bogatka i Tonacja (1,01 g·kg^{-1}). Wykazana różnica wynosiła 11,88%. Zastosowany materiał siewny również decydował o zawartości magnezu. Istotnie najniższą średnią zawartością charakteryzowało się ziarno odmian Bogatka i Tonacja uzyskane z kwalifikowanego materiału siewnego (0,99 g·kg^{-1}), natomiast najwyższą – ziarno uzyskane z trzeciego rozmnożenia materiału siewnego. Średnio, niezależnie od lat badań i odmiany, ziarno uzyskane z trzeciego stopnia rozmnożenia charakteryzowało się wyższą o 3,88% zawartością magnezu w stosunku do zawartości tego składnika w ziarnie uzyskanym z materiału kwalifikowanego. Wykazano również, że interakcja badanych odmian pszenicy ozimej i materiału siewnego istotnie determinowała zawartość tego makroelementu w ziarnie. Najwyższą zawartością magnezu charakteryzowało się ziarno odmiany Zyta uzyskane po wysiewie kwalifiko-

wanego materiału siewnego (1,14 g·kg^{-1}). Brzozowska [2006] odnotowała zawartość tego parametru średnio na poziomie 1,4 g·kg^{-1}. W innych doświadczeniach otrzymała zbliżone wyniki do uzyskanych w badaniach własnych, gdyż zawartość magnezu oscylowała w granicach od 1,19 do 1,28 g·kg^{-1} [Brzozowska 2008]. Kraska i Pałys [2009] wykazali, że warunki pogodowe panujące w kolejnych sezonach wegetacji miały istotny wpływ na skład chemiczny ziarna, w tym na zawartość magnezu. Koszelnik-Leszek i Spiak [2006] nie stwierdziły zróżnicowania zawartości magnezu w ziarnie badanych odmian jęczmienia jarego. Według Cacak-Pietrzak i in. [2004] skład chemiczny ziarna pszenicy w dużym stopniu uwarunkowany jest czynnikami genetycznymi.

W tabeli 12 przedstawiono zawartość wapnia w ziarnie w zależności od stopnia odsiewu materiału siewnego. Mieściła się ona w zakresie od 0,13 do 0,38 g·kg^{-1}, ze średnią z doświadczenia 0,22 g·kg^{-1}. W badaniach przeprowadzonych przez Brzozowską i in. [2005] zawartość wapnia w ziarnie pszenicy odmiany Elena oscylowała średnio na poziomie 0,5 g·kg^{-1} i była zróżnicowana w latach badań. W badaniach własnych stwierdzono, że zawartość ta istotnie zależała od odmiany pszenicy ozimej oraz możliwych interakcji badanych czynników. Istotnie najwyższą średnią z lat zawartością wapnia charakteryzowało się ziarno pszenicy ozimej odmiany Turnia (0,25 g·kg^{-1}), natomiast najniższą – odmian Tonacja i Bogatka (0,20 g·kg^{-1}). Różnica wynosiła 25%.

Tabela 12. Zawartość wapnia w ziarnie badanych odmian pszenicy ozimej [g·kg^{-1} s.m.]

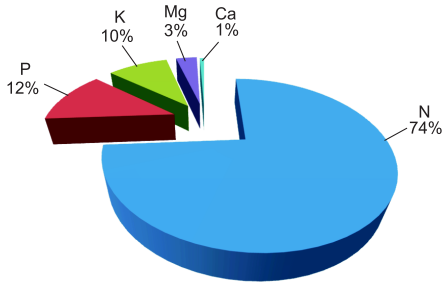
Odmiana I	Stopień odsiewu II	Rok			$\bar{x}$
		2007	2008	2009	
Bogatka	C1	0,15	0,22	0,23	0,20
	2. odsiew	0,14	0,25	0,23	0,21
	3. odsiew	0,13	0,26	0,23	0,21
	$\bar{x}$	0,14	0,25	0,23	0,20
Zyta	C1	0,17	0,30	0,23	0,23
	2. odsiew	0,16	0,27	0,27	0,23
	3. odsiew	0,17	0,26	0,23	0,22
	$\bar{x}$	0,17	0,28	0,24	0,23
Turnia	C1	0,21	0,27	0,38	0,28
	2. odsiew	0,15	0,26	0,30	0,24
	3. odsiew	0,13	0,29	0,30	0,24
	$\bar{x}$	0,16	0,27	0,32	0,25
Tonacja	C1	0,13	0,26	0,23	0,21
	2. odsiew	0,13	0,23	0,23	0,20
	3. odsiew	0,13	0,25	0,23	0,20
	$\bar{x}$	0,13	0,25	0,23	0,20
Wartości średnie	C1	0,16	0,26	0,27	0,23
	2. odsiew	0,14	0,25	0,26	0,22
	3. odsiew	0,14	0,26	0,25	0,22
	$\bar{x}$	0,15	0,26	0,26	0,22
$NIR_{(\alpha=0,05)}$ dla:	I	0,02	ni	0,03	0,03
	II	0,01	ni	ni	ni
	I x II	0,02	0,05	ni	0,04

ni – różnica nieistotna

Interakcja badanych odmian pszenicy ozimej i materiału siewnego istotnie warunkowała zawartość wapnia w ziarnie. Najwyższą średnią z lat zawartością wapnia charakteryzowało się ziarno uzyskane z kwalifikowanego materiału siewnego odmiany Turnia (0,28 g·kg^{-1}), a najniższą – ziarno pszenicy ozimej odmiany Tonacja uzyskane z trzeciego stopnia odsiewu (0,20 g·kg^{-1}).

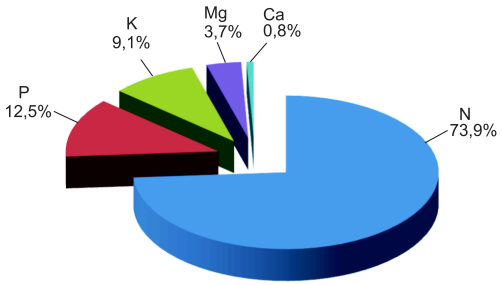
Zawartości omawianego składnika były znacząco zróżnicowane w latach badań. W 2007 r. zanotowano najniższą zawartość wapnia w ziarnie pszenicy ozimej (0,15 g·kg^{-1}), natomiast w kolejnych latach zawartości nie różniły się i wynosiły 0,26 g·kg^{-1}. Kraska i Pałys [2009] również odnotowali zróżnicowaną zawartość wapnia w ziarnie pszenicy ozimej odmiany Turnia w poszczególnych latach. Największa różnica wystąpiła pomiędzy pierwszym a trzecim rokiem badań. Podobne tendencje wykazała Brzozowska [2006] w doświadczeniach nad pszenżytem ozimym, stwierdzając, że zawartość wapnia w ziarnie odmiany Bogo była zróżnicowana między latami badań.

Przyjmując sumę zawartości makroskładników (N, P, K, Ca, Mg) decydujących o składzie chemicznym ziarna pszenicy za 100, wykazano, że ziarna badanych odmian charakteryzowały się podobnym udziałem poszczególnych makroskładników w ich sumie (rys. 7-10).

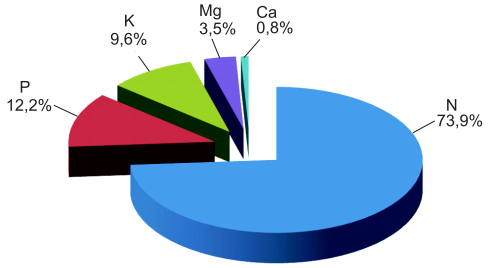


Rys. 7. Udział N, P, K, Ca i Mg w sumie tych składników w ziarnie pszenicy odmiany Bogatka

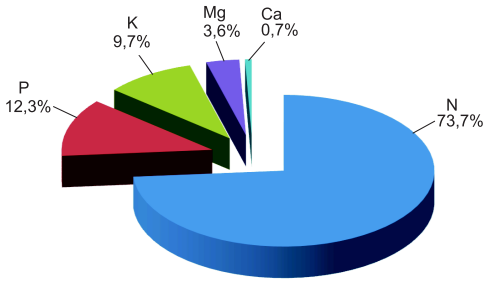
Udział azotu ogólnego był taki sam w ziarnie odmian Zyta i Turnia i stanowił 73,9% sumy badanych makroskładników (rys. 8 i 9). Ziarno odmiany Bogatka charakteryzowało się najwyższym udziałem potasu, a najniższym fosforu spośród badanych pszenic.



Rys. 8. Udział N, P, K, Ca i Mg w sumie tych składników w ziarnie pszenicy odmiany Zyta



Rys. 9. Udział N, P, K, Ca i Mg w sumie tych składników w ziarnie pszenicy odmiany Turnia



Rys. 10. Udział N, P, K, Ca i Mg w sumie tych składników w ziarnie pszenicy odmiany Tonacja

Niewiele różniący się procentowy udział wymienionych makroskładników w sumie ich zawartości wskazuje, że ich poziom w ziarnie pszenicy jest bardziej stabilny niż w innych częściach rośliny i w małym stopniu zależy od czynników edaficznych oraz nawożenia pszenicy, z wyjątkiem stosowania nawozów zawierających magnez [Wiśniowska-Kielian 2002, 2003].

4.2.2. Wyróżniki technologiczne

We współczesnym rolnictwie efektywność uprawy poszczególnych zbóż mierzy się potencjalną plennością, ale również jakością otrzymanych plonów [Achremowicz i in. 1995, Bichoński 1995, Klupczyński i Ralcewicz 1997, 1998, Subda i in. 1997]. W związku z zainteresowaniem hodowców pszenicy wartością technologiczną nowych rodów, prowadzone są systematyczne badania zmierzające do poznania uwarunkowań genetycznych wpływających na wartość wypiekową mąki pszennej. Biorąc pod uwagę konsumpcyjne znaczenie pszenicy, prowadzi się obecnie szczególnie silną selekcję pod względem właściwości cech technologicznych. Głębsze poznanie tych zależności powinno przyczynić się do wzrostu efektywności prac hodowlanych, a w konsekwencji do uzyskania wartościowych odmian [Bichoński 2004].

Miarą wypełnienia ziarniaków jest gęstość ziarna w stanie zsypnym [Ceglińska i in. 2002]. Według Klockiewicz-Kamińskiej i Brzezińskiego [1997] jest to ważna cecha technologiczna i ma istotny wpływ na wyciąg mąki podczas przemiału ziarna.

W badaniach własnych stwierdzono istotne odziaływanie czynników na gęstość ziarna w stanie zsypnym (tab. 13). Wielkość tego parametru w ziar-

nie czterech odmian pszenicy ozimej mieściła się w zakresie od 71,3 do 76,7 kg·hl^{-1}, ze średnią z doświadczenia 74,7 kg·hl^{-1}. Istotnie średnio najwyższą gęstością ziarna w stanie zsypnym w latach badań charakteryzowała się pszenica odmiany Zyta (76,0 kg·hl^{-1}), natomiast istotnie najniższą – odmiany Bogatka (72,4 kg·hl^{-1}). Różnica wyniosła 4,97%. Materiał siewny również istotnie decydował o gęstości ziarna w stanie zsypnym. Najniższą średnią wartością tego parametru charakteryzowało się ziarno uzyskane z trzeciego rozmnożenia (74,2 kg·hl^{-1}), natomiast najwyższą (wyższą o 1,34%) – ziarno uzyskane z kwalifikowanego materiału siewnego (tab. 13).

Stwierdzono, że interakcja badanych odmian pszenicy ozimej i materiału siewnego nie decydowała istotnie o gęstości ziarna w stanie zsypnym.

Tabela 13. Gęstość ziarna w stanie zsypnym badanych odmian pszenicy ozimej [kg·hl^{-1}]

Odmiana I	Stopień odsiewu II	Rok			$\bar{x}$
		2007	2008	2009	
Bogatka	C1	72,3	73,8	73,0	73,0
	2. odsiew	71,7	73,4	71,5	72,2
	3. odsiew	71,3	72,7	72,2	72,0
$\bar{x}$		71,7	73,3	72,2	72,4
Zyta	C1	76,0	76,7	76,2	76,3
	2. odsiew	75,5	76,7	75,9	76,0
	3. odsiew	74,9	76,5	75,8	75,7
$\bar{x}$		75,5	76,6	75,9	76,0
Turnia	C1	75,3	76,5	75,9	75, 9
	2. odsiew	74,6	76,0	75,3	75,3
	3. odsiew	74,7	76,1	74,5	75,1
$\bar{x}$		74,8	76,2	75,2	75,4
Tonacja	C1	74,8	75,3	76,3	75,5
	2. odsiew	74,6	75,1	75,2	75,0
	3. odsiew	73,1	74,2	74,9	74,1
$\bar{x}$		74,2	74,8	75,4	74,8
Wartości średnie	C1	74,6	75,6	75,3	75,2
	2. odsiew	74,1	75,3	74,5	74,6
	3. odsiew	73,5	74,9	74,3	74,2
$\bar{x}$		74,1	75,2	74,7	74,7
$NIR_{(\alpha=0,05)}$ dla:	I	3,13	0,94	2,99	1,10
	II	0,57	0,58	0,78	0,35
	I x II	ni	ni	ni	ni

ni – różnica nieistotna

Dorodne ziarniaki pszenicy (masa 1000 ziaren powyżej 45 g) charakteryzują się większą polową zdolnością wschodów, a uzyskane z nich siewki mają większą powierzchnię liści, dłuższy system korzeniowy i intensywniej się krzewią, co zwiększa zdolność konkurencyjną łanu w stosunku do chwastów. Dorodne ziarniaki są ponadto rzadziej porażane przez choroby przenoszone za pośrednictwem materiału siewnego, np. śniecie i niektóre fuzariozy [Kuś i Jończyk 2003]. Z doświadczeń Podolskiej [1997] oraz Achremowicza i in [1993] jednoznacznie wynika, że cecha ta jest uwarunkowana genetycznie.

Potwierdzają to wyniki badań własnych. Analiza wariancji wykazała istotne zróżnicowanie odmian pod względem MTZ (tab. 14). Stwierdzono również istotne różnice masy 1000 ziaren dla stopnia odsiewu materiału siewnego, natomiast nie zaobserwowano wpływu interakcji badanych czynników. Średnia dla doświadczenia wartość masy 1000 ziarniaków wynosiła 54,2 g, przy rozstępie od 50,0 do 57,5 g. Najniższą wartością masy tysiąca ziaren charakteryzowała się odmiana Zyta (średnio 51,9 g), najwyższą zaś – odmiany Turnia i Bogatka (średnio 55,5 g). Niezależnie od lat badań i odmiany najwyższą wartością tego wskaźnika cechowało się ziarno uzyskane po wysiewie materiału kwalifikowanego (4,72% wyższą niż ziarno uzyskane po wysiewie trzeciego odsiewu materiału siewnego). Kraska i Pałys [2009] w badaniach z pszenicą ozimą odmiany Turnia odnotowali natomiast zróżnicowanie MTZ; w latach 2003 i 2004 masa 1000 ziaren była istotnie większa niż w ostatnim 2005 roku, w którym suma opadów w okresie wegetacji była najmniejsza. W doświadczeniach Biskupskiego i in. [2006] masa 1000 ziaren była znacznie zróżnicowana zarówno między odmianami, jak i w latach. Najwyższą wartość MTZ uzyskano w przypadku odmiany Nawra w drugim roku badań.

Tabela 14. Masa tysiąca ziaren badanych odmian pszenicy ozimej [g]

Odmiana I	Stopień odsiewu	Rok			$\bar{x}$
		2007	2008	2009	
Bogatka	C1	55,9	56,9	56,4	56,4
	2. odsiew	55,3	55,8	56,0	55,7
	3. odsiew	53,9	55,2	53,9	54,3
	$\bar{x}$	55,0	56,0	55,4	55,5
Zyta	C1	53,6	53,2	52,6	53,1
	2. odsiew	51,9	51,8	51,7	51,8
	3. odsiew	51,2	51,2	50,0	50,8
	$\bar{x}$	52,2	52,1	51,4	51,9
Turnia	C1	56,8	57,5	56,1	56,8
	2. odsiew	56,1	55,9	54,9	55,6
	3. odsiew	52,8	55,0	54,0	54,0
	$\bar{x}$	55,7	56,1	55,0	55,5
Tonacja	C1	55,4	55,9	54,9	55,4
	2. odsiew	54,2	55,1	53,4	54,2
	3. odsiew	52,2	52,6	52,5	52,4
	$\bar{x}$	54,0	54,5	53,6	54,0
Wartości średnie	C1	55,4	55,9	55,0	55,4
	2. odsiew	54,7	54,6	54,0	54,4
	3. odsiew	52,5	53,5	52,6	52,9
	$\bar{x}$	54,2	54,7	53,9	54,2
$NIR_{(\alpha=0,05)}$ dla:	I	ni	2,42	ni	1,54
	II	0,72	0,62	0,60	0,35
	I x II	3,83	ni	ni	ni

ni – różnica nieistotna

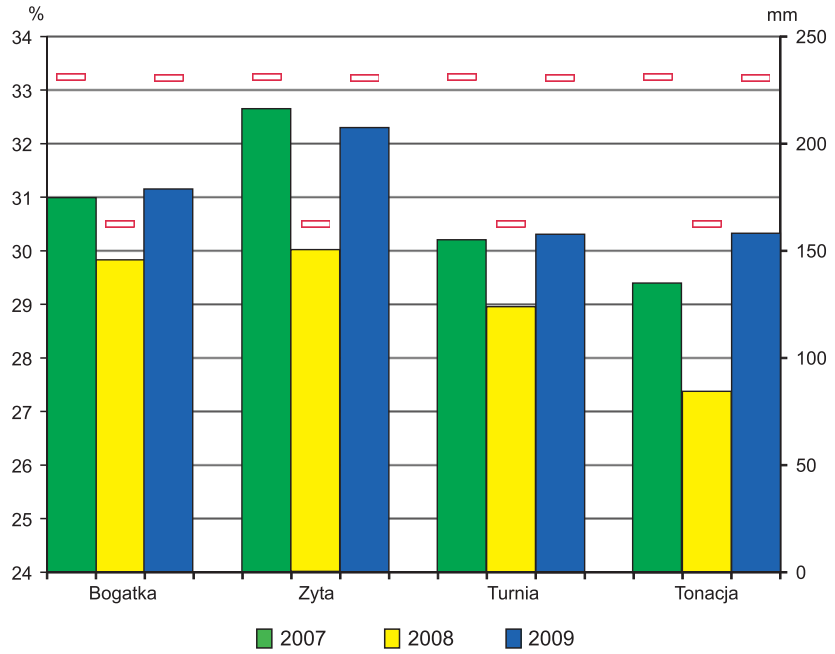
Gluten jest podstawowym białkiem zapasowym ziarna pszenicy. Jego jakość zależy przede wszystkim od cech genetycznych odmiany, a ilość od

stopnia zaopatrzenia rośliny w azot. Zarówno ilość (tab. 15), jak i zawartość azotu ogólnego (tab. 9) w ziarnie badanych pszenic istotnie zależały od cech odmianowych oraz współdziałania badanych czynników, nie były natomiast determinowane istotnie stopniem odsiewu materiału siewnego. Średnio istotnie najwyższą zawartością glutenu i azotu ogólnego charakteryzowało się ziarno pszenicy ozimej odmiany Zyta (31,7%), natomiast średnio najniższą – odmiany Tonacja (28,7%) (tab. 15 i 9). Potwierdza to fakt, że ilość glutenu zależy od zaopatrzenia roślin w azot, co znajduje odzwierciedlenie w literaturze [Blecharczyk i in. 1999, Knapowski i in. 2002, Stankowski i in. 2004]. Achremowicz i in. [1995] uważają, że na ilość i jakość glutenu korzystnie wpływa większe nasłonecznienie i mniejsza ilość opadów w okresie dojrzewania ziarna. Nie potwierdzają tego wyniki badań własnych (rys. 11), w których najniższą ilość glutenu – 29,1% (średnio dla odmian i stopni odsiewu) uzyskano w 2008 roku (tab. 15), charakteryzującym się mniejszą liczbą opadów (162,4 mm w okresie kłoszenie – zbiór) w porównaniu z pozostałymi latami. Według Garwackiej i in. [2007] zawartość glutenu w ziarnie pszenicy ozimej odmian Mewa, Rysa i Korweta zależała od warunków meteorologicznych panujących w czasie prowadzenia doświadczenia i zastosowanej technologii uprawy. Istotne okazały się ponadto interakcje lat i odmian.

Tabela 15. Zawartość glutenu w ziarnie badanych odmian pszenicy ozimej [%]

Odmiana I	Stopień odsiewu II	Rok			$\bar{x}$
		2007	2008	2009	
Bogatka	C1	30,6	29,3	31,1	30,3
	2. odsiew	30,7	30,1	30,9	30,6
	3. odsiew	31,6	30,1	31,5	31,1
$\bar{x}$		31,0	29,8	31,1	30,6
Zyta	C1	34,4	31,2	32,3	32,6
	2. odsiew	32,0	29,6	32,6	31,4
	3. odsiew	31,7	29,3	32,1	31,0
$\bar{x}$		32,7	30,0	32,3	31,7
Turnia	C1	28,9	29,2	30,4	29,5
	2. odsiew	30,3	29,1	30,2	29,9
	3. odsiew	31,5	28,7	30,4	30,2
$\bar{x}$		30,2	29,0	30,3	29,9
Tonacja	C1	29,8	27,3	28,4	28,5
	2. odsiew	29,4	27,3	29,0	28,6
	3. odsiew	29,2	27,6	30,2	29,0
$\bar{x}$		29,4	27,4	29,2	28,7
Wartości średnie	C1	30,9	29,3	30,5	30,2
	2. odsiew	30,6	29,0	30,7	30,1
	3. odsiew	31,0	28,9	31,0	30,3
$\bar{x}$		30,8	29,1	30,7	30,2
$NIR_{(\alpha=0,05)}$ dla:	I	2,53	ni	2,33	1,29
	II	ni	ni	ni	ni
	I x II	2,96	4,27	ni	1,54

ni – różnica nieistotna



Rys. 11. Zawartość glutenu w ziarnie badanych odmian pszenicy ozimej w zależności od sumy opadów w okresie kłoszenie – zbiór w latach 2007-2009

Dobra jakość glutenu ma istotny wpływ na właściwości wypiekowe mąki i powinna być przedmiotem szczególnej uwagi w ocenie odmian, a także podmiotów zajmujących się handlem pszenicą [Cygankiewicz 1997]. Jakość glutenu określa się wartością wskaźnika sedymentacji, odzwierciedlającego w dużym przybliżeniu wartość wypiekową mąki. Związane jest to z udowodnioną silną korelacją pomiędzy ilością glutenu a wartością wskaźnika sedymentacji [Bichoński i Stachowicz 1998]. Właściwości fizyczne glutenu i jego ilość zmieniają się w zależności od czynników oddziałujących w okresie wzrostu roślin pszenicy i dojrzewania ziarna. Wielkość tych zmian zależy nie tylko od czynników zewnętrznych, ale również od genotypu odmiany pszenicy. Każda odmiana, dysponując niepowtarzalnym zestawem genów kontrolujących syntezę białek glutenowych, wytwarza inny jakościowo gluten [Klockiewicz-Kamińska 2001].

Wartość wskaźnika sedymentacji w ziarnie badanych pszenic była istotnie determinowana zarówno cechami odmianowymi, jak i stopniem odsiewu materiału siewnego. Wartości te mieściły się w zakresie od 43 do 56 cm^3, ze średnią z doświadczenia 50 cm^3 (tab. 16).

W zależności od wartości testu sedymentacji odmiany pszenicy sklasyfikowano w 4 klasach wartości krytycznych [Pilch 2003]:

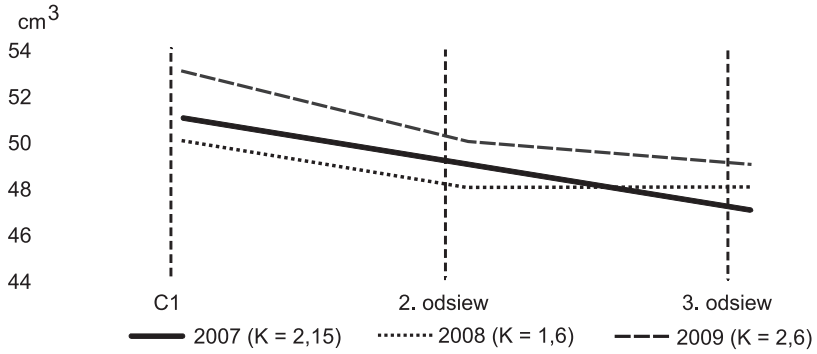
klasa	sedymentacja [cm^3]
E	> 52,0
A	52,2-38,3
B	38,2-24,4
C	< 24,2

Na podstawie wartości wskaźnika sedymentacji badane odmiany pszenicy można zaliczyć do klasy A i E – jakościowe i elitarne (tab. 16) niezależnie od materiału siewnego. Należy podkreślić, że po wysiewie materiału kwalifikowanego wszystkich badanych odmian zebrano ziarno o bardzo dobrej jakości. Analiza wariancji wykazała istotny wpływ badanych czynników na tę cechę. Najwyższą (średnią z lat) wartością wskaźnika sedymentacji charakteryzowało się ziarno pszenicy ozimej odmiany Zyta (55 cm^3) uzyskane z obiektów, na których wysiano materiał siewny kwalifikowany. Niezależnie od badanych odmian pszenic średnio najwyższą wartością wskaźnika sedymentacji (53 cm^3) charakteryzowało się ziarno uzyskane z wysiewu materiału kwalifikowanego w 2009 r. W tym roku okres kłoszenie – zbiór należał do bardzo wilgotnych (K = 2,6) (rys. 12).

Tabela 16. Wartość wskaźnika sedymentacji dla ziarna badanych odmian pszenicy ozimej [cm^3]

Odmiana I	Stopień odsiewu II	Rok			$\bar{x}$
		2007	2008	2009	
Bogatka	C1	51	50	52	51
	2. odsiew	49	46	48	47
	3. odsiew	47	45	46	46
	$\bar{x}$	49	47	49	48
Zyta	C1	54	56	56	55
	2. odsiew	52	52	56	53
	3. odsiew	51	53	53	52
	$\bar{x}$	52	54	55	54
Turnia	C1	51	49	54	51
	2. odsiew	48	49	49	49
	3. odsiew	47	48	49	48
	$\bar{x}$	49	49	51	49
Tonacja	C1	51	46	52	49
	2. odsiew	47	47	48	47
	3. odsiew	43	45	47	45
	$\bar{x}$	47	46	49	47
Wartości średnie	C1	51	50	53	52
	2. odsiew	49	48	50	49
	3. odsiew	47	48	49	48
	$\bar{x}$	49	49	51	50
$NIR_{(\alpha=0,05)}$ dla:	I	ni	6,00	ni	2,66
	II	1,99	2,67	2,13	1,21
	I x II	ni	ni	ni	ni

ni – różnica nieistotna



Rys. 12. Wartości wskaźnika sedymentacji (średnie dla odmian) w zależności od warunków hydrotermicznych (K) w okresie kłoszenie – zbiór w latach 2007-2009

Przy określaniu jakości ziarna zwraca się uwagę na właściwości enzymatyczne, zwłaszcza na aktywność amylolityczną, która jest charakteryzowana przez liczbę opadania. Liczba ta określa przydatność badanego ziarna do dalszego wykorzystania [Subda i in. 1997, Knapowski i Ralcewicz 2004a]. Według Kwiatkowskiego i in. [2006] liczba opadania dobrze charakteryzuje przydatność odmiany dla piekarnictwa i jest ściśle związana z odpornością odmiany na porastanie.

W zależności od wartości liczby opadania dokonano podziału na klasy technologiczne E, A, B, C (wartości krytyczne klas jakościowych) [Pilch 2003]:

klasa	liczba opadania [s]
E	> 226,0
A	225,9-186,0
B	185,9-146,0
C	< 145,9

Uzyskane wyniki wskazują, że wszystkie badane odmiany można zakwalifikować pod względem wartości liczby opadania do klasy E (elitarne).

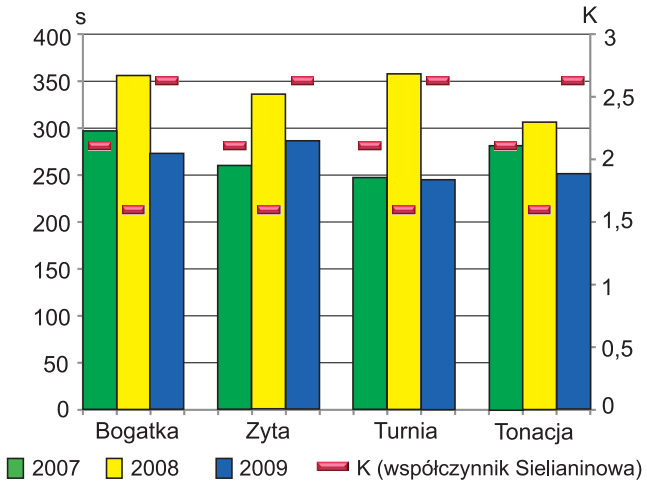
Średnio najwyższą wartością liczby opadania (tab. 17) w latach badań charakteryzowało się ziarno odmiany Bogatka (309 s), natomiast najniższą – odmiany Tonacja (278 s), ze średnią z doświadczenia – 291 s. Wartość liczby opadania była istotnie determinowana badanymi stopniami odsiewu materiału siewnego. Liczba opadania niezależnie od odmiany uzyskanego po wysiewie materiału kwalifikowanego była wyższa o 17,22% w stosunku do liczby opadania uzyskanej po wysiewie materiału trzeciego stopnia odsiewu. Obliczono, że warunki hydrotermiczne dla okresu kłoszenie – zbiór w latach 2008 i 2009 określone według Skowery i Puły [2004] należy uznać odpowiednio za: optymalne (K = 1,6) i bardzo wilgotne (K = 2,6) (rys. 13). W warunkach optymalnych (K = 1,6) ziarno badanych pszenic charakteryzowało się najwyższą wartością liczby opadania, natomiast w roku bardzo wilgotnym (K = 2,6) wartość ta była nieco niższa niż wartość średnia (tab. 17, rys 13).

Sudba i Biskupski [1987] oraz Rząsa i Płonka [1991] potwierdzają zależność aktywności alfa amylazy od własności odmianowych oraz warunków klimatycznych. Warunki pogodowe w okresie wypełnienia i dojrzewania ziarna w dużym stopniu decydują o wystąpieniu zjawiska jego porastania.

Tabela 17. Wartość liczby opadania w ziarnie badanych odmian pszenicy ozimej [s]

Odmiana I	Stopień odsiewu II	Rok 2007	2008	2009	$\bar{x}$
Bogatka	C1	322	385	280	329
	2. odsiew	312	368	275	318
	3. odsiew	359	319	262	280
	$\bar{x}$	297	357	272	309
Zyta	C1	299	346	320	321
	2. odsiew	248	338	282	289
	3. odsiew	227	321	256	268
	$\bar{x}$	258	335	286	293
Turnia	C1	265	369	282	305
	2. odsiew	251	358	239	282
	3. odsiew	227	348	210	262
	$\bar{x}$	247	358	244	283
Tonacja	C1	301	317	271	296
	2. odsiew	278	305	258	280
	3. odsiew	260	299	217	259
	$\bar{x}$	280	307	249	278
Wartości średnie	C1	297	354	288	313
	2. odsiew	272	342	263	292
	3. odsiew	243	322	236	267
	$\bar{x}$	270	339	263	291
$NIR_{(\alpha=0,05)}$ dla:	I	ni	ni	ni	ni
	II	15,98	17,83	21,08	17,59
	I x II	ni	ni	ni	ni

ni – różnica nieistotna



Rys. 13. Wartości liczby opadania [s] badanych odmian pszenicy ozimej w zależności od warunków hydrotermicznych [K] w okresie kłoszenie – zbiór w latach 2007-2009

4.3. Analiza zależności pomiędzy badanymi parametrami

W warunkach ekonomicznych Polski ogromnego znaczenia nabiera umiejętność przystosowania się producentów-rolników do zmieniających się wymagań rynku [Knapowski i Ralcewicz 2004c]. Systematyczne wprowadzanie nowych środków produkcji oraz postęp biologiczny powodują, że ocena oddziaływania poszczególnych zabiegów agrotechnicznych na produkcyjność i jakość zbóż jest zagadnieniem ciągle aktualnym. Stosowanie materiału siewnego dobrej jakości jest podstawowym warunkiem utrzymania wysokiego poziomu produkcji rolniczej w kontekście ilościowym i jakościowym. Ważna jest prawidłowa agrotechnika pszenicy, która umożliwia ujawnienie się jej potencjalnych, genetycznie uwarunkowanych możliwości plonowania [Mazurek i in. 1987].

Uwzględniając wyniki badań przeprowadzonych przez innych autorów [Wolski 1995, Wróbel 1999, Podolska i Mazurek 2000, Szafrański i Kulig 2001, Knapowski i Ralcewicz 2004a, b, c, Koszelnik-Leszek i Spiak 2006, Sainis i in. 2006, Theobald i in. 2006], dotyczących przedmiotu niniejszego opracowania, niezbędne wydaje się zwrócenie uwagi na dużą indywidualność odmian, przejawiającą się w ich odmiennej reakcji na stosowany w doświadczeniu własnym coraz to niższy stopień odsiewu materiału siewnego. Jakość ziarna pszenicy zależy od interakcji właściwości odmianowych z szeregiem czynników, szczególnie zaś ze stopniem odsiewu materiału siewnego.

Znajomość odziedziczalności cech rolniczo-użytkowych i technologicznych, jak i korelacji pomiędzy nimi ma istotne znaczenie w uprawie pszenic. Pozwala przewidzieć, które parametry w trakcie uprawy mogą wpływać pozytywnie lub negatywne na daną cechę. Falconer [1960] wykazał, że można przewidzieć zmiany cechy nieselekcjonowanej, jeżeli znana jest wielkość korelacji pomiędzy cechą selekcjonowaną a nieselekcjonową i współczynniki odziedziczalności obu cech. Postęp w hodowli jest właśnie w dużej mierze uzależniony od możliwości przełamywania niekorzystnych korelacji.

Przeprowadzona analiza wyników badań doprowadziła do określenia korelacji lub zależności pomiędzy właściwościami technologicznymi a składem chemicznym. Istotne współczynniki korelacji prostej badanych cech ziarna pszenicy ozimej przedstawiono w tabeli 18.

Obliczone na podstawie uzyskanych wyników współczynniki korelacji prostej pomiędzy plonem ziarna a pozostałymi parametrami osiągnęły zróżnicowane wartości.

Istotnie dodatnią korelację określono pomiędzy wielkością plonu ziarna a zawartością wapnia, liczbą opadania, zawartością azotu, MTZ oraz ciężarem hektolitra ($r = 0,52$; $r = 0,39$; $r = 0,24$; $r = 0,38$; $r = 0,24$). Ujemną korelację stwierdzono natomiast między wielkością plonu ziarna a składem aminokwasowym oraz zawartością w ziarnie: magnezu, fosforu i glutenu odpowiednio: $r = -64$; $r = -0,60$; $r = -0,38$; $r = -0,36$.

Odnotowano również silne zależności pomiędzy badanymi cechami technologicznymi a składem chemicznym ziarna pszenicy. Zawartość glutenu okazała się dodatnio skorelowana z zawartością magnezu, azotu i potasu ($r = 0,50$; $r = 0,36$; $r = 0,24$).

Achremowicz i in. [1995], Cygankiewicz [1995, 1997], a także Subda i in. [2002] również stwierdzili dodatnią korelację między zawartością glutenu a zawartością azotu.

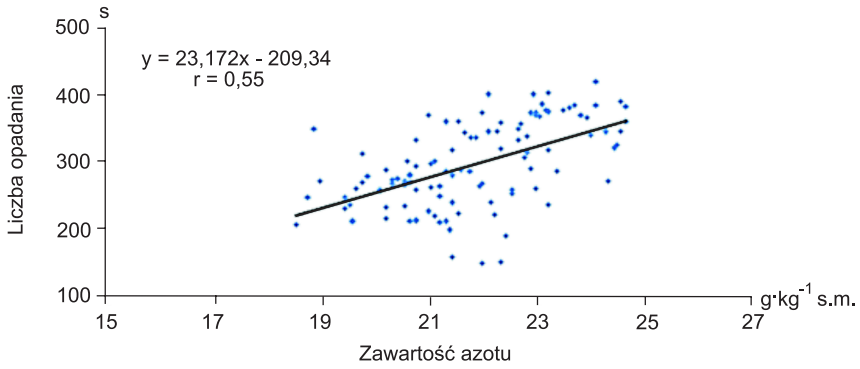
Tabela 18. Współczynniki korelacji prostej pomiędzy cechami badanych odmian pszenicy ozimej

Badana cecha	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
(1) Plon ziarna	–											
(2) Ciężar hektolitra	0,24	–										
(3) Zawartość glutenu	-0,36	–	–									
(4) Wskaźnik sedymentacji	–	0,38	0,49	–								
(5) Liczba opadania	0,39	–	–	0,24	–							
(6) MTZ	0,38	–	-0,35	-0,28	–	–						
(7) Azot	0,24	–	0,36	0,38	0,55	-0,24	–					
(8) Fosfor	-0,38	–	–	–	-0,57	–	-0,57	–				
(9) Potas	–	-0,20	0,24	–	0,48	–	0,46	-0,56	–			
(10) Wapń	0,52	0,30	–	0,21	0,36	–	0,62	-0,49	–	–		
(11) Magnez	-0,60	–	0,50	0,31	–	-0,52	–	0,35	0,29	-0,30	–	
(12) Aminokwasy	-0,64	-0,26	0,25	–	-0,38	–	-0,58	0,52	–	-0,60	0,34	–

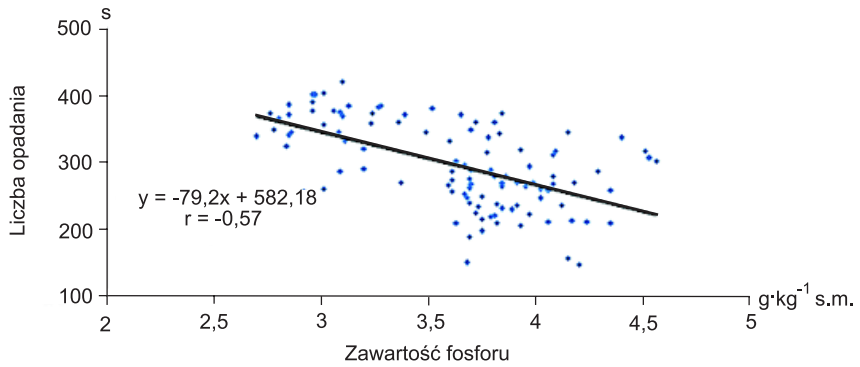
W badaniach własnych nie zaobserwowano istotnych zależności pomiędzy zawartością glutenu a zawartością fosforu oraz wapnia w ziarnie pszenic ozimych. Wykazano natomiast, że wskaźnik sedymentacji istotnie dodatnio korelował z zawartością azotu, magnezu i wapnia (r = 0,38; r = 0,31; r = 0,21). Przeprowadzona analiza korelacji prostej wskazała na dodatnią zależność zawartości glutenu nie tylko z zawartością magnezu (r = 0,50), ale także ze wskaźnikiem sedymentacji (r = 0,49), natomiast istotnie ujemną pomiędzy zawartością glutenu a masą tysiąca ziaren (r = -0,35). Wartość liczby opadania istotnie dodatnio zależała od zawartości azotu, potasu i wapnia, odpowiednio: r = 0,55; r = 0,48; r = 0,36, istotnie ujemnie zaś od zawartości fosforu w ziarnie (r = -0,57). Okazało się, że masa tysiąca ziaren (MTZ) była istotnie ujemnie skorelowana z zawartością magnezu i azotu (r = -0,52, r = -0,24).

Równania regresji liniowej przedstawiono graficznie (rys. 14-22) jedynie dla korelacji pomiędzy badanymi cechami technologicznymi a składem chemicznym, dla których współczynnik determinacji przekroczył 20%.

Liczba opadaniadeterminowana była zawartością azotu ogólnego i fosforu w ziarnie badanych pszenic (tab. 18). Wzrost zawartości azotu o 1 jednostkę (1 g·kg^{-1} s.m.) powodował zwiększenie wartości liczby opadania o 23,172 s (rys. 14, 15).



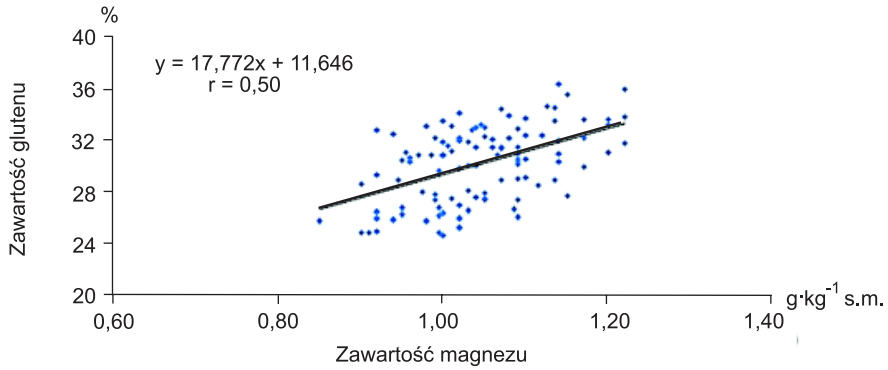
Rys. 14. Zależności pomiędzy zawartością azotu a liczbą opadania



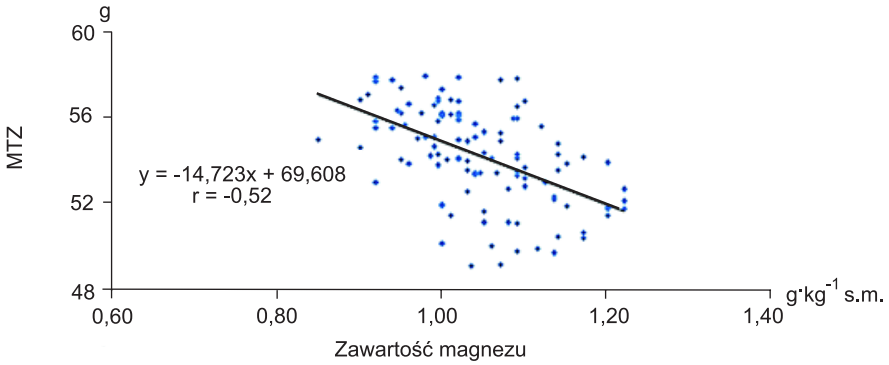
Rys. 15. Zależności pomiędzy zawartością fosforu a liczbą opadania

Z równania regresji liniowej, jak również obliczonego współczynnika regresji wynika, że wzrost zawartości azotu ogólnego w ziarnie np. o 5 jednostek może spowodować wzrost wartości liczby opadania o 116 s, a tym samym zmianę aktywności alfa amylazy ze średniej do niskiej. Zaobserwowano również, że wzrost zawartości fosforu w ziarnie pszenicy o 1 jednostkę (1 g·kg^{-1} s.m.) spowodował zmniejszenie wartości liczby opadania o 79,2 s (rys. 15.). Może zatem decydować również o obniżeniu aktywności alfa amylazy. Porównując współczynniki regresji liniowej (rys. 14, 15) można stwierdzić, że silniejszy wpływ na wartość liczby opadania miała zawartość fosforu niż azotu, o czym świadczy kąt nachylenia krzywej regresji.

Zarówno zawartość glutenu, jak i MTZ zależały istotnie od zawartości magnezu w ziarnie badanych pszenic (rys. 16, 17).

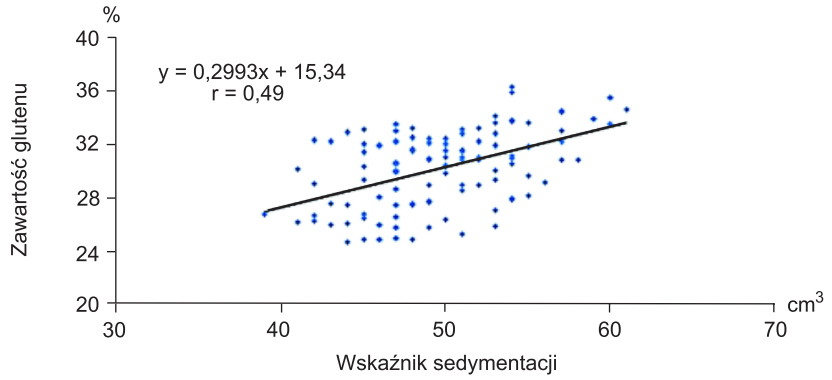


Rys. 16. Zależności pomiędzy zawartością magnezu a zawartością glutenu



Rys. 17. Zależności pomiędzy zawartością magnezu a masą tysiąca ziaren

Wartości tych parametrów zależały silnie od zawartości magnezu i porównywalnie (a = -14,723 i a = 17,772), lecz z odwrotną tendencją. Zawartość glutenu determinowana była wartością wskaźnika sedymentacji, nie stwierdzono jednak tak silnej zależności jak w przypadku zależności gluten – magnez, o czym świadczą współczynniki regresji (rys. 16, 18).



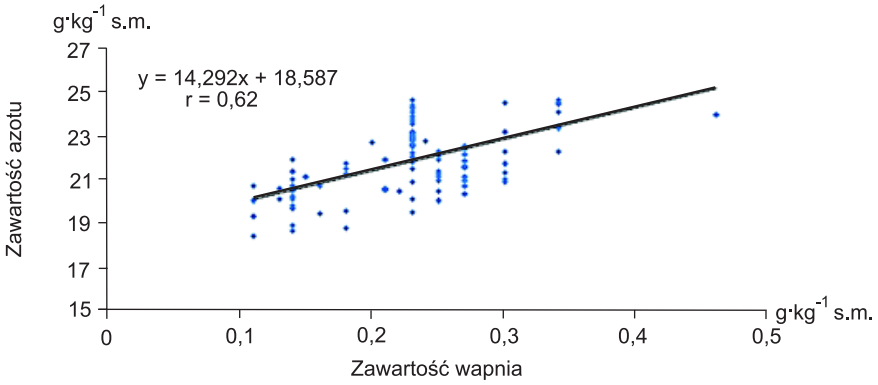
Rys. 18. Zależności pomiędzy wskaźnikiem sedymentacji a zawartością glutenu

Równania regresji liniowej dotyczące korelacji pomiędzy badanymi parametrami określającymi skład chemiczny przedstawiono na rysunkach 19-22.

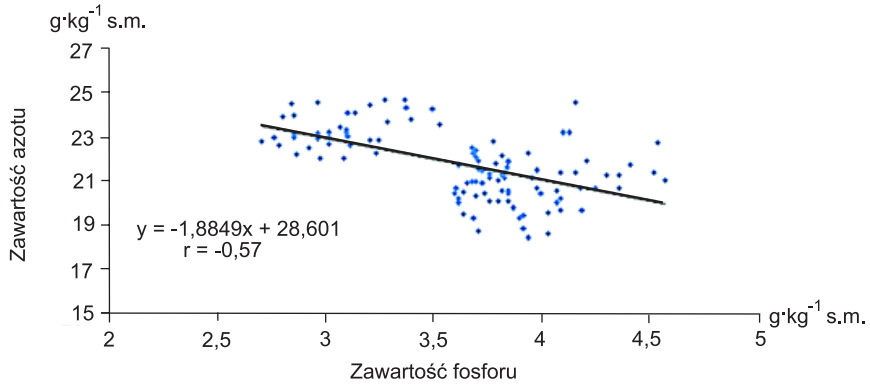
Wartość współczynników regresji świadczy o tym, że najsilniejszy wpływ na zawartość azotu ogólnego w ziarnie badanych pszenic miała zawartość wapnia (rys. 19, 20).

Kąt nachylenia krzywej regresji był największy dla tej zależności, co wskazywałoby, że wraz ze zwiększeniem zawartości Ca w ziarnie o jednostkę (1 g·kg^{-1} s.m.) dochodziłoby do wzrostu zawartości azotu o 14,293 g·kg^{-1} s.m. Zawartość wapnia w ziarnie badanych pszenic mieściła się w zakresie od 0,13 do 0,38 g·kg^{-1} s.m, zatem już 0,1 g Ca·kg^{-1} s.m. powodowała wzrost zawartości azotu ogólnego o 1,4292 g·kg^{-1}.

Zawartość fosforu w ziarnie mieściła się w zakresie od 2,80 do 4,48 g·kg^{-1} s.m., a więc wzrost zawartości P o jednostkę (1 g·kg^{-1} s.m.) powodował obniżenie zawartości azotu o 1,885 g·kg^{-1} s.m. Zarówno obniżenie, jak i wzrost zawartości azotu ogólnego w ziarnie badanych pszenic pod wpływem P i Ca były ilościowo porównywalne.

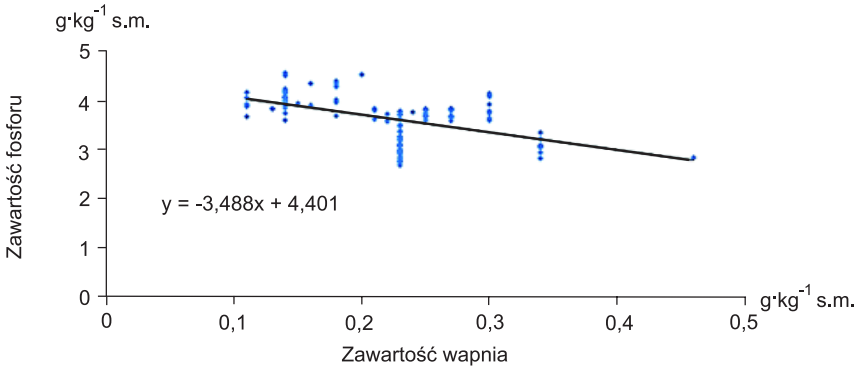


Rys. 19. Zależności pomiędzy zawartością wapnia a zawartością azotu

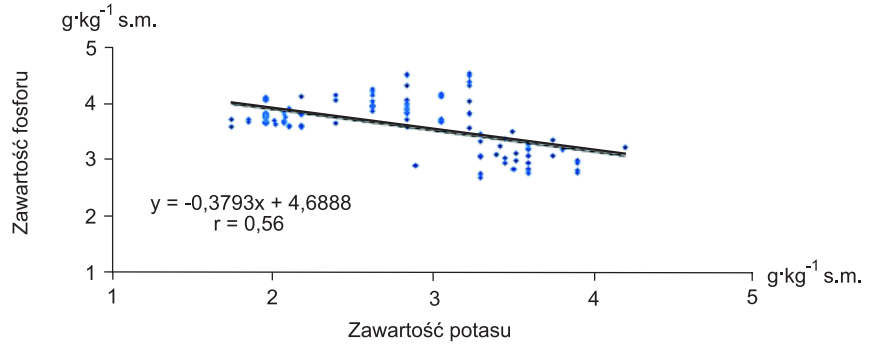


Rys. 20. Zależności pomiędzy zawartością fosforu a zawartością azotu

Na podstawie wartości współczynników regresji dla zależności fosfor – wapń i fosfor – potas (rys. 21, 22) widać wyraźnie, że zawartość wapnia silniej niż potasu decydowała o zawartości fosforu w ziarnie badanych pszenic ozimych.

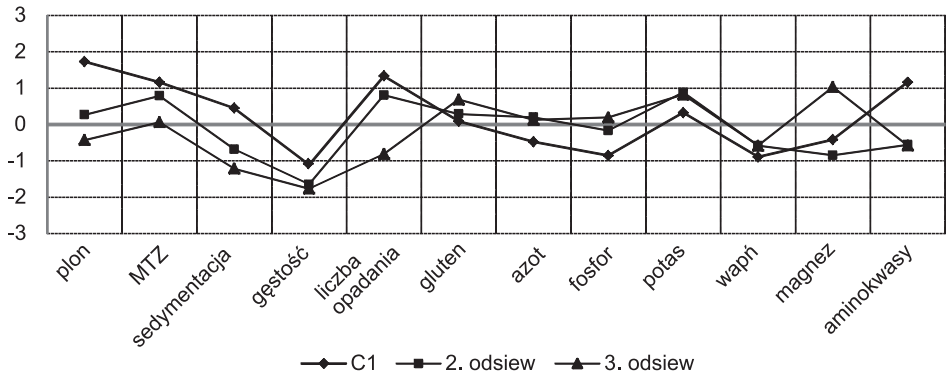


Rys. 21. Zależności pomiędzy zawartością wapnia a zawartością fosforu

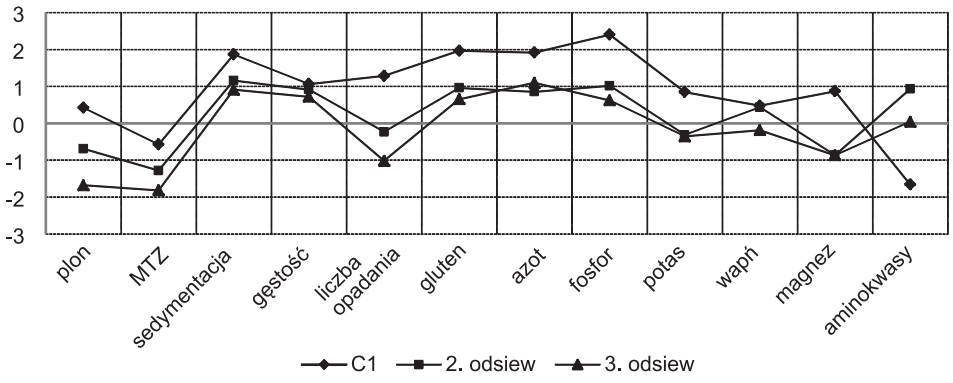


Rys. 22. Zależności pomiędzy zawartością potasu a zawartością fosforu

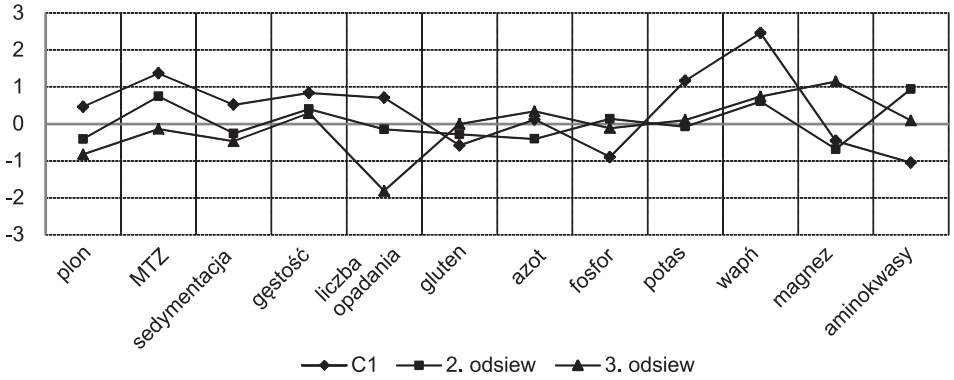
Przebieg profili wielocechowych odmian i stopni odsiewu ujawnia kształtowanie się poszczególnych cech ziarna (rys. 23-27). Profil odmiany Zyta różni się najbardziej od profili pozostałych trzech odmian. Poszczególne cechy ziarna tej odmiany, z wyjątkiem wielkości plonu, MTZ oraz zawartości potasu, wapnia i aminokwasów, są znacznie większe niż pozostałych odmian oraz znacznie większe niż średnie wartości każdej z badanych cech. Wartość MTZ odmiany Zyta jest znacznie mniejsza niż pozostałych odmian. Jednocześnie u tej odmiany wykazano największe zmienności w obrębie poszczególnych badanych cech wraz ze zmianą kolejnych stopni odsiewu. Odmiana Tonacja wydaje się z kolei znacznie mniej wrażliwa na pogorszenie jakości materiału siewnego. Chociaż badane cechy były mniej korzystne, jednocześnie charakteryzowały się małą zmiennością. Stwierdzono szczególnie silny wpływ jakości materiału siewnego odmiany Bogatka na plonowanie. Uzyskany po wysiewie materiału kwalifikowanego plon był wysoki, obniżał się jednak po zastosowaniu różnych stopni odsiewu.



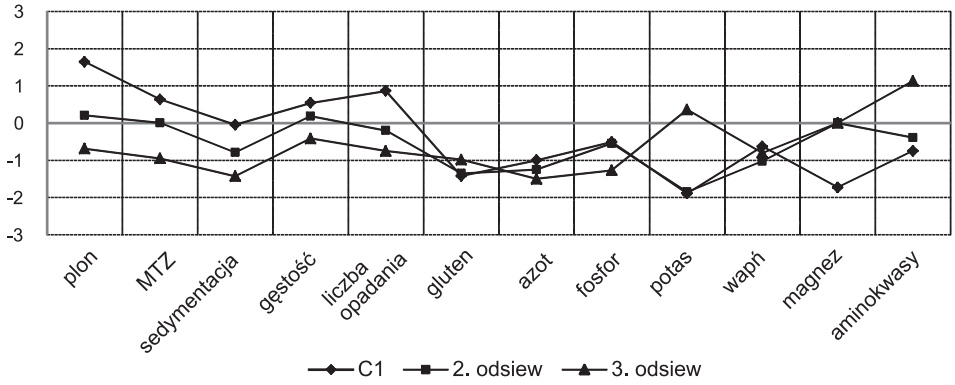
Rys. 23. Wartości standaryzowane badanych cech odmiany Bogatka



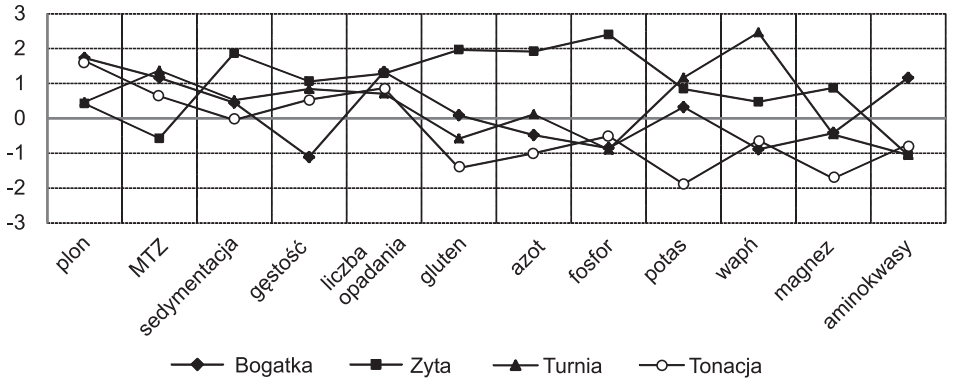
Rys. 24. Wartości standaryzowane badanych cech odmiany Zyta



Rys. 25. Wartości standaryzowane badanych cech odmiany Turnia



Rys. 26. Wartości standaryzowane badanych cech odmiany Tonacja



Rys. 27. Wartości standaryzowane materiału kwalifikowanego badanych odmian pszenicy ozimej

5. WNIOSKI

Uzyskane w badaniach wyniki pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Wielkość plonu ziarna pszenicy ozimej była istotnie determinowana zarówno czynnikiem odmianowym, jak i stopniem odsiewu materiału siewnego. Stwierdzono, że istotnie najwyżej plonowały pszenice odmian Bogatka i Tonacja, natomiast niezależnie od odmiany najlepszy w tym zakresie okazał się materiał kwalifikowany.
2. Ziarno badanych odmian pszenicy ozimej charakteryzowało się zróżnicowaną zawartością azotu, fosforu, wapnia i magnezu, która istotnie zależała od odmiany oraz interakcji badanych czynników. Jedynie o zawartości magnezu istotnie decydował również stopień odsiewu materiału siewnego. Najwięcej azotu, fosforu i magnezu zawierało ziarno pszenicy odmiany Zyta uzyskane z wysiewu kwalifikowanego materiału siewnego.
3. Wartości wyróżników technologicznych (gęstości, MTZ, wskaźnika sedymentacji) ziarna badanych pszenic ozimych były istotnie determinowane zarówno czynnikiem odmianowym, jak i stopniem odsiewu materiału siewnego. Zawartość glutenu zależała natomiast istotnie od czynnika odmianowego i współdziałania badanych czynników, a wartość liczby opadania – jedynie od stopnia odsiewu materiału siewnego.
4. Wartości badanych cech technologicznych ziarna pszenicy ozimej i uzyskanej z niego mąki pozwalają stwierdzić, że wysiew kwalifikowanego materiału siewnego był istotnie najkorzystniejszy z punktu widzenia przydatności wyprodukowanego ziarna na cele chlebowe.
5. Analiza korelacji prostej wykazała istotne dodatnie zależności pomiędzy badanymi cechami technologicznymi (ilością glutenu, wskaźnikiem sedymentacji, liczbą opadania) a zawartością azotu ogólnego w ziarnie badanych odmian pszenicy ozimej. Stwierdzono również dodatnią korelację pomiędzy ilością glutenu a wskaźnikiem sedymentacji oraz ujemną pomiędzy zawartością glutenu a masą tysiąca ziaren.
6. Analiza profili wielocechowych wykazała zmienność w kształtowaniu się wartości badanych parametrów ziarna w zależności od cech odmianowych oraz stopnia odsiewu materiału siewnego, szczególnie w odniesieniu do wielkości plonu, masy tysiąca ziaren i liczby opadania. Stwierdzono, że najwyższe wartości przyjmowały cechy odmiany Zyta, a najniższe – odmiany Tonacja. Największe zmienności wraz z obniżeniem stopnia odsiewu materiału siewnego w obrębie poszczególnych badanych cech odnotowano u odmiany Zyta.

LITERATURA

Achremowicz B., Borkowska H., Styk B., Grundas S., 1995. Wpływ nawożenia azotowego na jakość glutenu pszenicy jarej. Biul. IHAR 193, 29-34.

Achremowicz B., Dziamba Sz., Styk B., 1989. Technologiczna wartość ziarna pszenicy jarej nawożonej zwiększonymi dawkami NPK. Rocz. Nauk Rol. A 108(4), 117-124.

Achremowicz B., Zając J., Styk B., 1993. Wpływ podwyższonego nawożenia azotem na wartość technologiczną niektórych odmian pszenicy ozimej i jarej. Rocz. Nauk Rol. A 110(1-2), 149-157.

Anonim, 2010. Materiały uzyskane ze strony internetowej: www.agencjanasienna.pl

Baalbaki R.Z., Copeland L.O., 1997. Seed size, density and protein content effects on field performance of wheat. Seed Sci. Technol. 25(3), 511-521.

Belotti J., Klimont K., 1993. Ocena materiału siewnego zbóż wysianych wiosną i jesienią 1992 roku w województwie tarnobrzeskim. Biul. IHAR 188, 165-174.

Bichoński A., 1995. Ocena wybranych cech technologicznych z kolekcji pszenicy ozimej. Biul. IHAR 194, 131-138.

Bichoński A., 1998. Zdolność kombinacyjna wartości wypiekowej kilku odmian i rodów pszenicy ozimej. Biul. IHAR 207, 129-135.

Bichoński A., 2004. Zróżnicowanie i genetyczne uwarunkowanie wybranych cech wartości technologicznej pszenicy ozimej. Biul. IHAR 233, 11-15.

Bichoński A., Stachowicz M., 1998. Ocena wartości technologicznej materiału wyjściowego pszenicy ozimej. Biul. IHAR 207, 135-143.

Biskupski A., Kaus A., Włodek S., Pabin J., 2006. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem na plonowanie oraz wybrane wskaźniki architektury łanu kilku odmian pszenicy jarej. Pam. Puł. 142, 31-41.

Blecharczyk A., Pudełko J., Śpitalniak J., 1999. Reakcja pszenicy ozimej na sposoby uprawy roli w zależności od przedplonu i nawożenia azotowego. Fol. Univ. Agric. Stetin., Agricultura 74, 163-170.

Blecharczyk A., Skrzypczak G., Spitalniak J., 1995. Response of winter wheat to previous drops and nitrogen fertilization. Fragm. Agronom. 2, 236-237.

Brzozowska I., 2006. Wpływ herbicydów i sposobu nawożenia azotem na zawartość makroelementów w ziarnie pszenżyta ozimego Pam. Puł. 142, 9-17.

Brzozowska I., 2008. Macroelement content in winter wheat grain as affected by cultivation and nitrogen application methods. Acta Agrophys. 11(1), 23-32.

Brzozowska I., Brzozowski J., Hruszka M., 2008. Plonowanie i struktura plonu pszenicy ozimej w zależności od sposobu pielęgnacji i nawożenia azotem. Acta Agrophys. 11(3), 597-611.

Brzozowska J., Brzozowski I., Witkowski B., 2005. Zawartość makro-elementów w ziarnie pszenicy ozimej w zależności od stosowanych herbicydów i sposobu nawożenia azotem. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 507(1), 49-54.

Brzozowski J., Brzozowska I., Witkowski B., 1996. Efektywność zabiegów ochrony i łączonych ochronno-nawozowych w uprawie pszenicy ozimej. Fragm. Agron. 4, 59-67.

Budzyński W., 2000. Odmianowe i agrotechniczne uwarunkowania produkcji ziarna pszenicy technologicznej na tle standardów UE. Mat. Konf. Konkurencyjność rolnictwa z uwzględnieniem uwarunkowań regionalnych w aspekcie integracji z Unią Europejską, cz. I, AR Kraków, 27-39.

Budzyński W., Szempliński W., 2003. Pszenica. [W:] Szczegółowa uprawa roślin, t. I, 71-135.

Budzyński W., Szempliński W., Dubis B., Majewska K., 1996. Rolnicza, jakościowa i energetyczna ocena różnych sposobów odchwaszczania i nawożenia azotem jarej pszenicy chlebowej. Cz. I. Plon i jakość technologiczna ziarna. Rocz. Nauk Rol. A 112(12), 81-92.

Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A., Haber T., Lisiecki M., Podleśna A., 2004. Wpływ różnych poziomów nawożenia azotem i siarką na parametry jakościowe ziarna pszenicy. Prz. Zboż. Młyn. V, 28-30.

Cappelli C., 2000. Role of seed in transportation of pathogens and spread of plant diseases in plantations. [W:] Seed health as quality criterion, International Seed Health Conference, Programme and abstracts, PTFit. – IHAR Radzików, 18.

Ceglińska A., Haber T., Gawrońska-Kulesza A., Szajewska A., Kon A., 2002. Wartość technologiczna pszenicy w zależności od stosowania zabiegów agrotechnicznych. Prz. Zboż. Młyn. XII, 8-12.

Chełkowski J., Dąbrowska-Prawda E., Kwaśna H., 1988. Występowanie grzybów z rodzaju Fusarium w materiale siewnym pszenicy, żyta, jęczmienia, owsa i pszenżyta w roku 1985 i ocena jego zdrowotności. Hod. Rośl. Nasien. 1, 5-8.

Chrzanowska-Drożdż B., 2001. Reakcja pszenicy ozimej na dawki i terminy stosowania azotu. Cz. I. Rozwój i plonowanie pszenicy ozimej w zależności od dawki i terminu stosowania azotu. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Rolnictwo 415, 257-269.

Cichy H., Woś H., Budzianowski G., 2002. Program of winter and spring triticale breeding of Plant Breeding Company Strzelce. Eucarpia Poland, vol. II, 325-331.

COBORU, 2009. Lista opisowa odmian. Słupia Wielka.

Cygankiewicz A., 1995. Ocena niektórych jakościowych nowych rodów hodowlanych pszenicy ozimej i jarej. Biul. IHAR 194, 139-147.

Cygankiewicz A., 1997. Skuteczność wstępnej oceny ziarna rodów i odmian wzorcowych pszenicy w oparciu o wartość liczby sedymentacji i procentowej zawartości białka w porównaniu do wartości wskaźników pełnej oceny. Biul. IHAR 204, 237-243.

Czuba R., Mazur T., 1988. Wpływ nawożenia na jakość plonów. PWN Warszawa.

Dziamba S., Machaj H., Szumiło G., Małuszyńska E., 2004. Wpływ jakości materiału siewnego na plonowanie pszenżyta ozimego w kolejnych

reprodukcjach. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, Sect. E, Agricultura 59(2), 521-526.

Dzienia S., Pużynski S., Wereszczaka J., 2003. Reakcja pszenicy ozimej na zmniejszenie intensywności w uprawie roli. J. Res. Appl. Agric. Eng. Pr. PIMR 48(3), 41-47.

Entz M.H., Fowler D.B., 1990. Differential agronomic response of winter wheat cultivars to pre-anthesis environmental stress. Crop Sci. 30, 1119--1123.

Falconer D.S., 1960. Introduction to quantitative genetics. Oliver and Boyd London.

Fatyga J., 1990. Wpływ terminów siewu i nawożenia azotem na wysokość i jakość plonów ziarna pszenicy jarej. Rocz. Nauk Rol. A 109(1), 71-83.

Garwacka A., Starczewski J., Czarnocki S., 2007. Technologia uprawy a jakość ziarna wybranych odmian pszenicy jarej. Fragm. Agron. 24(94), 96-101.

Gawęda D., 2004. Wpływ sposobów uprawy roli na plonowanie pszenicy ozimej w 3-polowym zmianowaniu na czarnej ziemi. Ann. Univ. Mariae Curie--Skłodowska, Sect. E, Agricultura 59(2), 889-894.

Gołaszewski D., 2004. Stratyfikacja termiczna w przygruntowej warstwie powietrza w wiosenne noce przymrozkowe na stacji SGGW Ursynów. Acta Agrophys. 3(2), 247-255.

Górecki R., Grzesiuk S., 2002. Fizjologia plonowania roślin. Wyd. UWM Olsztyn.

Górniak W., Majdak H., 2005. Wpływ wilgotności ziarna pszenicy na jej gęstość w stanie zsypnym. Prz. Zboż. Młyn. XII, 21-23.

Górny A., Gruszecka D., Adamczyk J., 2005. Zarys genetyki zbóż. T. 2. Instytut Genetyki Roślin PAN Poznań.

Górny A., Kubicka H., Nawracała J., 2004. Zarys genetyki zbóż. T. 1. Instytut Genetyki Roślin PAN Poznań.

Grzebisz W., Gała Z., 1999. Zmiany w technice nawożenia roślin uprawnych – podstawy teoretyczne i możliwe rozwiązania praktyczne. VI Międzynarodowe Symp. Ekologiczne aspekty mechanizacji nawożenia ochrony roślin i uprawy gleby, IBMER Warszawa, 59-68.

Grzesiuk S., Kulka K., 1998. Biologia ziarniaków zbóż. PWN Warszawa.

GUS, 2007. Wyniki produkcji roślinnej w 2007 roku. Roczniki statystyczne rolnictwa i obszarów wiejskich, GUS Warszawa, www.gus.pl

Hampton J.G., 2002. What is seed quality? Seed Sci. Tech. 30, 1-10.

Harasim A., 1999. Efektywność produkcji pszenicy ozimej w różnych stanowiskach w zależności od poziomu nawożenia azotem i ochrony roślin. Pam. Puł. 118, 159-166.

Ignaczak S., 2000. Rośliny zbożowe. Wyd. ATR Bydgoszcz.

Jasińska Z., Kotecki A., 1999. Szczegółowa uprawa roślin. T. I, AR Wrocław.

Jaskulski D., 1999. Wpływ terminu i gęstości siewu oraz nawożenia azotem na plonowanie pszenicy jarej w warunkach małej ilości opadów. Pam. Puł. 118, 167-172.

Jassem M., Sadowski H., 2000. Wigor – istotny element oceny jakości materiału siewnego. Warsztaty nasienne, Kraków, 32-35.

Jończyk K., 1997. Plonowanie pszenicy ozimej w zależności od wybranych elementów agrotechniki. Biul. IHAR 204, 173-180.

Jończyk K., 1998. Czynniki agrotechniczne najsilniej różnicujące plon pszenicy ozimej. Rocz. AR w Poznaniu, Rolnictwo 52, 43-49.

Jończyk K., 2002. Reakcja wybranych odmian pszenicy ozimej na uprawę w różnych systemach produkcji roślinnej. Pam. Puł. 130, 339-345.

Jurga R., 2005. Możliwości wytwarzania mąki o specjalnym przeznaczeniu oraz mąki o podwyższonej wodochłonności przez jej dodatkowe cierne rozdrabnianie. Prz. Zboż. Młyn. XI, 33-36.

Jurkowska H., Rogóż A., Wojciechowicz T., 1992. Zawartość składników mineralnych w roślinach w zależności od wilgoci gleby. Cz. I. Makroelementy. Acta. Agr. Silv., Agraria 30, 29-35.

Kączkowski J., 1991. Stan badań nad strukturą i frakcjami białek glutenu pszennego. Biul. IHAR 179, 3-17.

Klepacki B., 2002. Potrzeba dostosowania produkcji roślinnej w Polsce w kontekście integracji z UE. Pam. Puł. 131, 7-14.

Klimont K., 2007. Wpływ herbicydów na plon ziarna i strukturę plonu zbóż. Biul. IHAR 243, 69-81.

Klimont K., Dul S., 1998. Ocena chwastobójczego działania preparatu Lintur 70 WG oraz jego wpływ na plon i wartość siewną ziarna jęczmienia jarego. Biul. IHAR 207, 93-98.

Klimont K., Osińka S., 2004. Wpływ herbicydów na wartość siewną i zawartość niektórych składników ziarnie pszenicy ozimej, jęczmienia jarego i pszenżyta jarego. Biul. IHAR 233, 49-58.

Klockiewicz-Kamińska E., 2001. Odmiany gwarancją jakości. Prz. Zboż. Młyn. 6, 10-11, 28.

Klockiewicz-Kamińska E., Brzeziński W., 1997. Metoda oceny i klasyfikacji jakości odmian pszenicy. Wiad. Odmianoznawcze 67, COBORU Słupia Wielka.

Klupczyński Z., Knapowski T., Ralcewicz M., Murawska B., 2000. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem na wartość technologiczną chlebowych odmian pszenicy ozimej. Fertilizers and Fertilization 3(4), 61-72.

Klupczyński Z., Ralcewicz M., 1997. Wpływ nawożenia NPK na wartość technologiczną odmian pszenicy ozimej. Fragm. Agron. 3, 103-110.

Klupczyński Z., Ralcewicz M., 1998. Wpływ nawożenia azotem na plon i wartość technologiczną wybranych odmian pszenicy ozimej. Rocz. AR w Poznaniu 37, 19.

Knapowski T., Ralcewicz M., 2004a. Evaluation of qualitative features of Mikon cultivar winter wheat grain and flour depending on selected agronomic factors. EJPAU 7(1), #1, www.ejpau.media.pl/volume7/issue1/agronomy/art-01.html

Knapowski T., Ralcewicz M., 2004b. Ocena wskaźników jakościowych ziarna i mąki pszenicy ozimej w zależności od zróżnicowanego nawożenia azotem. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, Sect. E, Agricultura 59(2), 959-968.

Knapowski T., Ralcewicz M., 2004c. Wysokość plonu i technologiczna wartość ziarna pszenicy ozimej w zależności od poziomu nawożenia azotem. Pr. Komis. Nauk Rol. i Biol. BTN B(52), 61-77.

Knapowski T., Ralcewicz M., Klupczyński Z., 2002. The estimation of choosen parameters of the baking value of winter wheat on the influence of nitrogen fertilization. Mengen und Spurenelemente 21, 290-295.

Kołodziej J., 1999. Próba określenia związku pomiędzy ekstremalnymi wartościami temperatury powietrza a długością faz rozwojowych na przykładzie jęczmienia jarego. Folia Univ. Agric. Stetin., Agricultura 79, 109-111.

Koper R., Dziwulska A., 2003. Biostymulacja laserowa nasion łubinu białego. Acta Agrophys. 82, 99-106.

Koper R., Grochowicz J., 1994. Equipment for the pre-sowing laser biostimulation of seeds of cultivated plants and the effects of biostimulation. XII World Congress on Agricultural Engeering, Proceedings, Milan, 2, 1224--1229.

Koszelnik-Leszek A., Spiak Z., 2006. Zawartość makroskładników w roślinach doświadczalnych w zależności niklu w glebie. Zesz. Nauk. UP we Wrocławiu, Rolnictwo 546, 125-131.

Kościelniak W., Dreczka M., 2009. Nowoczesna uprawa zbóż. Wyd. Apra Poznań.

Kraska P., 2007. Wpływ zróżnicowanych dawek herbicydów na plonowanie i zawartość makroelementów w ziarnie pszenicy ozimej. Biul. IHAR 246, 23--30.

Kraska P., Pałys E., 2009. Plonowanie i skład chemiczny ziarna pszenicy ozimej uprawianej w monokulturze w warunkach stosowania zróżnicowanych dawek herbicydów. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin 49(1), 440-444.

Kruczek G., Wójtowicz J., 1998. Wpływ nawożenia azotowego na plonowanie i skład chemiczny ziarna pszenicy. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, Sesja Nauk. 54, 119-126.

Krzymuski J., 1994. Optymalizacja częstotliwości wymiany odmian i nasion zbóż. Cz. 4. Degeneracja nasion. Biul. IHAR 189, 141-149.

Kubsik K., 2000. Produkcyjna i ekonomiczna ocena technik stosowania nawozów azotowych w pszenicy ozimej i jęczmieniu jarym. Fragm. Agron. 1(65), 98-107.

Kusiorska K., 1983. Produkcja materiału siewnego roślin rolniczych. PWRiL Warszawa.

Kuś J., Filipiak K., Jończyk K., 1991. Wpływ siedmiu wybranych czynników agrotechnicznych na plonowanie pszenicy ozimej. Pam. Puł. 102, 39-51.

Kuś J., Jończyk K., 1997. Oddziaływanie wybranych elementów agrotechniki na plonowanie pszenicy ozimej. Fragm. Agron. 3, 4-16.

Kuś J., Jończyk K., 2003.Uprawa zbóż w gospodarstwach ekologicznych. Pszenica ozima. Opracowanie wykonane w ramach projektu PHARE PL 01.01.04 Rolnictwo ekologiczne, RCDRRiOB Radom.

Kwiatkowski J., 1997. Degeneracja pszenżyta ozimego w cyklu reprodukcji nasiennej. Zesz. Nauk. AR w Szczecinie, Rolnictwo 65, 225-228.

Kwiatkowski J., Tworkowski J., Szczukowski S., 1999. Plon i wartość siewna ziarna dziesięciu pokoleń pszenicy ozimej. Pam. Puł. 114, 221-226.

Kwiatkowski C., Wesołowski M., Harasim E., Kubecki J., 2006. Plon i jakość ziarna odmian pszenicy ozimej w zależności od poziomu agrotechniki. Pam. Puł. 142, 277-286.

Mackay A.D., Barber S.A., 1985. Effect of soil moisture and phosphate level on root hair growth of corn roots. Plant Soil 86, 321-331.

Makarska E., 1997. Jakość ziarna odmian pszenżyta ozimego warunkach stosowania wybranych herbicydów. Wyd. AR Lublin, Rozpr. habil. 205.

Martyniak L., 1994. Rola geno- i fenotypu oraz głównych czynników plonotwórczych (nawożenia i deszczowania) w kształtowaniu wartości technologicznej ziarna chlebowych odmian pszenicy jarej. Post. Nauk Rol. 4, 37-47.

Mazurek J., 1981. Termin i ilość wysiewu oraz nawożenie azotem pszenicy jarej. Cz. I. Wpływ na plon ziarna. Cz. II. Wpływ na technologiczną i biologiczną jakość ziarna. Pam. Puł. 75, 45-68.

Mazurek J., Biskupski A., Maj L., 1987. Wpływ nawożenia azotowego i ilości wysiewu na plonowanie oraz wartość technologiczną odmian pszenicy jarej. Biul. IHAR 164, 215-226.

Mazurek J., Jaśkiewicz B., Klupczyński Z., 1999. Plonowanie i jakość ziarna pszenicy ozimej w zależności od techniki nawożenia azotem. Pam. Puł. 118, 263-269.

Mazurek J., Kuś J., 1991. Wpływ nawożenia azotem, terminu i ilości wysiewu na plonowanie i jakość ziarna odmian pszenicy jarej uprawianej po różnych przedplonach. Cz. I. Biul. IHAR 177, 123-135.

Mazurek J., Kuś J., Maj L., 1992. Wpływ dawek azotu na plonowanie odmian pszenicy jarej w rożnych warunkach siedliska. Biul. IHAR 181-182, 53-59.

Mazurek J., Mazurek J., 1987. Produkcyjność pszenżyta i innych zbóż ozimych w różnych warunkach i siedliskach. Fragm. Agron. 2(14), 31-46.

Mazurek J., Podolska G., 1995. Plon i cechy struktury plonu odmian i rodów pszenicy ozimej w zależności od terminu siewu. Biul. IHAR 194, 63-69.

Mazurek J., Sułek A., 1997. Wpływ głównych czynników agrotechnicznych na plon i cechy struktury plonu nowych odmian pszenicy jarej. Biul. IHAR 204, 75-80.

Nowicka B., Rola H., 1997. Oddziaływanie herbicydów na wybrane odmiany pszenicy ozimej. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin 37(2), 254-256.

Oleksiak T., 1998. Wpływ kwalifikowanego materiału siewnego na plonowanie zbóż. Biul. IHAR 208, 3-9.

Pawłowska J., 1996. Reakcja odmian pszenżyta jarego na wybrane herbicydy. Symp. Nauk. Hodowla, uprawa i wykorzystanie pszenżyta, Międzyzdroje, 75.

Pawłowska J., Dietrych-Szóstak D., 1995. Wpływ herbicydów na jakość pszenżyta ozimego. Mat. XXXV Sesji Nauk., IOR Poznań 2, 291-293

Piech M., Maciorowski R., 1996. Reakcja odmian pszenżyta ozimego na herbicydy. Symp. Nauk. Hodowla, uprawa i wykorzystanie pszenżyta, Międzyzdroje.

Piech M., Stankowski S., 1990. Reakcja pszenicy ozimej, pszenżyta i żyta na termin siewu. Biul. IHAR 176, 25-35.

Piech M., Stankowski S., Maciorowski R., Mikulski W., 1994. Wpływ stopnia odsiewu na plonowanie pszenżyta ozimego. Zesz. Nauk. AR w Szczecinie, Rolnictwo 58, 197-199.

Piech M., Stankowski S., Poznański M., Mikulski W., 1991. Wpływ stopnia odsiewu na plonowanie pszenżyta ozimego odmiany Grado. Biul. IHAR 180, 5-11.

Pilch J., 2003. Wpływ genomów A, B *Triticum durum* Desf. na wartość technologiczną ziarna pszenicy ozimej *Triticum aestivum* L. Biul. IHAR 230, 43-52.

Pisulewska E., Zając T., Oleksy A., 1998. Skład mineralny ziarna wybranych odmian pszenżyta ozimego w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem. Biul. IHAR 205, 179-188.

Podlaski S., 1986. Niektóre czynniki wpływające na degenerację odmian rozmnażanych generatywnie. Rośliny obcopylne. Post. Nauk Rol. 4, 31-43.

Podlaski S., 1987. Niektóre czynniki wpływające na degenerację odmian rozmnażanych generatywnie. Rośliny samopylne. Post. Nauk Rol. 5, 43-55.

Podlaski S., 1988. Degeneracja odmian roślin rozmnażanych generatywnie i organizacja produkcji nasiennej. Hod. Rośl. Nasien. 3, 1-10.

Podlaski S., 1999. Nasiennictwo zbóż. Pam. Puł. 114, 289-298.

Podlaski S., Wyszkowska Z., 1994. Techniczne i fizjologiczne sposoby poprawy wigoru i zwiększenia plonu ziarna pszenicy ozimej odmiany Liwilla. Cz. II. Wyniki badań polowych. Rocz. Nauk Rol. A 110(3-4), 21-32.

Podleśny J., 1998. Wpływ przedsiewnego traktowania nasion promieniami laserowymi na rozwój i plonowanie bobiku (*Vicia faba minor*). Pam. Puł. 113, 73-84.

Podolska G., 1997. Reakcja nowych odmian pszenicy ozimej na wybrane czynniki agrotechniczne. Cz. II. Wpływ terminu siewu na plon i strukturę plonu nowych odmian i rodów pszenicy ozimej. Biul. IHAR 204, 163-167.

Podolska G., 2003. Wartość technologiczna ziarna pszenicy ozimej w zależności od dawki nawożenia azotem. Prz. Zboż. Młyn. VI.

Podolska G., 2007. Kształtowanie cech jakościowych ziarna pszenicy poprzez technologię produkcji. IUNG-PIB Puławy, Studia i Raporty 9, 55-64.

Podolska G., 2008. Wpływ wielkości nasion na wartość siewną, cechy struktury plonu, budowę łanu i plonowanie pszenicy ozimej. Fragm. Agron. 1(97) 327-337.

Podolska G., Mazurek J., 2000. Reakcja nowych odmian pszenicy ozimej na termin siewu. Biul. IHAR 214, 55-62.

Podolska G., Stankowski S., 2001. Plonowanie i jakość ziarna pszenicy ozimej w zależności od gęstości siewu i dawki nawożenia azotem. Biul. IHAR 218/219, 127-136.

Podolska G., Sułek A., 2002. Główne elementy technologii produkcji decydujące o wysokiej jakości ziarna pszenicy. Pam. Puł. 130, 597-605.

Podolska G., Sułek A., 2003. Jakość ziarna pszenicy w Polsce i UE. Pam. Puł. 132, 363-369.

Prusiński J., Kozdemba K., 2005. Charakterystyka ziarna siewnego zbóż pochodzącego z samozaopatrzenia rolników z terenu województwa pomorskiego. Hod. Rośl. Nasien. 3, 23-26.

Rakowski D., 2003. Wpływ deszczowania i nawożenia mineralnego na plonowanie wybranych odmian pszenicy jarej i pszenżyta jarego uprawianych na glebie lekkiej. Cz. 3. Biologiczna wartość białka i technologiczna wartość ziarna. Acta Sci. Pol., Agricultura 2, 43-50.

Ralcewicz M., Knapowski T., 2004. Wpływ wybranych czynników agrotechnicznych na wysokość plonu ziarna i zawartość białka ogółem pszenicy ozimej odmiany Almari. Biul. IHAR 233, 39-47.

Ralcewicz M., Knapowski T., Klupczyński Z., 2002. The baking value of the spring wheat studied as a function of diversified nitrogen fertilization. Mengen und Spurenelemente 21, 284-289.

Rudnicki F., 1998. Czynniki ograniczające plonowanie pszenicy w Polsce. Mat. Ogólnopolskiej Konf. Nauk. Biologia plonowania, agrotechnika i wykorzystanie ziarna pszenicy, Puławy, 51-64.

Rudnicki F., Jaskulski D., Dębowski G., 1999. Reakcje odmian pszenicy jarej na termin siewu i nawożenie azotem w warunkach posusznych. Rocz. Nauk Rol. A 114(3-4), 97-107.

Runowski H., 1997. Postęp biologiczny w rolnictwie. SGGW Warszawa.

Ruszkowski M., Jaworska K., Podolska G., 1991. Struktura plonu rodów pszenicy ozimej w zależności od terminu siewu. Biul. IHAR 177, 109-114.

Rząsa B., Płonka M., 1991. Wpływ nawożenia azotowego, terminów i gęstości siewu na wysokość i jakość plonów nowych rodów pszenicy jarej. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, Rolnictwo 262, 67-71.

Sainis J.K., Shouche S.P., Bhagwat S.G., 2006. Image analysis of wheat grains developed indifferent environments and its implications for identification. J. Agric. Sci. Cambridge University 144, 221-227.

Skowera S., Puła J., 2004. Skrajne warunki pluwiotermiczne w okresie wiosennym na obszarze Polski w latach 1971-2000. Acta Agrophys. 3(1), 171-177.

Stankowski S., Podolska G., Pacewicz K., 2004. Wpływ nawożenia azotem na plonowanie i jakość ziarna odmian pszenicy ozimej. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, Sect. E, Agricultura 59(3), 1363-1369.

Stankowski S., Podolska G., Stypuła G., 2001. Wpływ wybranych sposobów ochrony roślin na plon i jakość ziarna odmian pszenicy ozimej. Biul. IHAR 218/219, 155-159.

Stankiewicz D., 1999. Gospodarka zbożowa w Polsce. Informacja Nr 661, Kancelaria Sejmu, Biuro Studiów i Ekspertyz Warszawa.

Starck Z., 2002. Wpływ stresów abiotycznych na plonowanie roślin. Fizjologia plonowania roślin. Wyd. UWM Olsztyn.

Stypuła G., Podolska G., Krasowicz S., 2004. Ocena ekonomiczna uprawy pszenicy ozimej w zależności od sposobu ochrony. Biul. IHAR 231, 73-82.

Subda H., Biskupski A., 1987. Określenie wartości wypiekowej mąki pszennej w zależności od ilości i jakości białek, pentozanów i aktywności enzymów. Biul. IHAR 161, 59-76.

Subda H., Prorok D., Gębura E., Zeler J., 1997. Skład chemiczny i wartość wypiekowa mąki pszennej. Cz. II. Wartość wypiekowa. Biul. IHAR 201, 101--107.

Sułek A., Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A., Haber T., 2002. Wartość technologiczna wybranych odmian pszenicy jarej w zależności od sposobu nawożenia azotem. Pam. Puł. 130, 709-718.

Sułek A., Mazurek J., 2001. Wpływ podstawowych czynników agrotechnicznych na plon i cechy plonotwórcze nowych odmian pszenicy jarej. Biul. IHAR 220, 59-67.

Szafrański W., Kulig B., 2001. Plonowanie pszenicy ozimej w stanowisku po bobiku w siewie czystym i wsiewką w zależności od terminu siewu z uwzględnieniem zawartości azotu mineralnego w glebie. Acta Agr. Silv., Agraria XXXIX, 73-83.

Szajsner H., 2009. Analiza efektów działania promieniowania laserowego na ziarniaki wybranych genotypów roślin zbożowych. Zesz. Nauk. UP we Wrocławiu, Rolnictwo 571, 7.

Szempliński W., Budzyński W., 1999. Plonowanie pszenicy ozimej na różnych poziomach nakładów na nawożenie i ochronę przed chorobami. Pam. Puł. 118, 415-421.

Szempliński W., Budzyński W., Majewska K., 1995. The effect of the metod of nitrogen fertilization on yield and quality of breadmaking wheat. Fragm. Agron. 2, 168-169.

Szmigiel A., 1999. Wpływ technologii uprawy na plonowanie pszenicy ozimej. Pam. Puł. 118, 423-429.

Sztuder H., Świerczewska M., 2002. Wpływ nawozów dolistnych na cechy jakościowe ziarna niektórych odmian pszenicy ozimej i jarej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 484, 669-674.

Theobald C.M., Roberts A.M.I., Talbot M., Spink J.H., 2006. Estimation of economically optimum seed rates for winter wheat from series of trials. J. Agric. Sci. Cambridge University 144, 303-316.

Tylkowska K., 2000. Importance of seed health in seed production. International Seed Health Conference Seed health as quality criterion, Programme and abstracts, PTFit. – IHAR Radzików, 23.

Waga J., Cygankiewicz A., 1996. Możliwość oszacowania jakości technologicznej ziarna pszenicy na podstawie wyników analizy elektroforetycznej białek gliadynowych i gluteninowych. Biul. IHAR 197, 15-18.

Weber R., Biskupski A., 2008. Wpływ gęstości i terminu siewu na plonowanie kilku odmian pszenicy ozimej w warunkach bezpłużnej uprawy roli. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, Sect. E, Agricultura 63(1), 17-24.

Weber R., Podolska G., 2008. Wpływ sposobu uprawy roli, terminu i gęstości siewu na plonowanie odmian pszenicy ozimej. Inż. Rol. 1(99).

Wicki L., 2006. Poziom i efekty stosowania materiału kwalifikowanego w gospodarstwach rolniczych. Rocz. Nauk. SERiA 8(1), 222-226.

Wiśniowska-Kielian B., 2002. The amount of available phosphorus in soil and its content in different parts of wheat plants. 8 Conference Reasonable use of fertilizers, Czech University of Agriculture Prague, 142-148.

Wiśniowska-Kielian B., 2003. Alkalic cation contents in soil and winter wheat. Int. Conference Plant Nutrition in Sustainable Agriculture Mendel University of Agriculture and Forestry Brno, 88-92.

Wolski T., 1987. Ocena i perspektywy produkcji pszenżyta w Polsce. Nowe Rolnictwo 6, 1-4.

Wolski T., 1995. Present and future in small breeding seed production in Poland. Fragm. Agron. 2(45), 52-55.

Wójcikiewicz M., Błażej J., Rząsa B., 1995. Produkcyjność pszenicy ozimej przy zróżnicowanym nawożeniu azotowym. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, Rolnictwo 32, 125-132.

Wróbel E., 1999. Reakcja pszenicy jarej na dawkę i termin stosowania azotu. Pam. Puł. 118, 447-453

Wróbel E., Szempliński W., 1999. Plonowanie i wartość technologiczna ziarna pszenicy ozimej nawożonej zróżnicowanymi dawkami azotu. Pam. Puł. 118, 463-469.

Zielińska M., 1999. Kwalifikowane nasiona gwarantują lepsze plony. Agrochemia 12(456), 20-22.

Zych J., 2005. Zboże wysokiej jakości. COBORU Słupia Wielka, www.Ihar.edu.pl